



**Pedro José Dias
Marques**

**Implementação de um Sistema de Manutenção
Preventiva**



Universidade de Aveiro
2009

Departamento de Economia, Gestão e Engenharia
Industrial

**Pedro José Dias
Marques**

Implementação de um Sistema de Manutenção Preventiva

Projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor José António de Vasconcelos Ferreira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Aos meus pais pelo apoio e amor incondicionais que sempre demonstraram.

o júri

Presidente

Professora Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Arguente

Professora Doutora Maria Henriqueta Dourado Eusébio Sampaio da Nóvoa
Professora Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Orientador

Professor Doutor José António Vasconcelos Ferreira
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao apresentar esta tese gostaria de agradecer a todos os que tornaram possível a realização da mesma, com especial destaque:

Ao meu orientador Professor Doutor José António de Vasconcelos Ferreira, pela disponibilidade, observações argutas e apoio incansável.

Aos Engenheiros Vítor Alves, Pedro Costa e Paulo Silva pelos ensinamentos prestados, paciência e apoio constante.

Ao Departamento de Manutenção da empresa Toyota Caetano Portugal, S.A. de Ovar por toda a ajuda prestada, vontade em ensinar e amizade demonstrada.

palavras-chave

Manutenção, Diminuição de Custos, Aumento de Fiabilidade, Directiva Máquinas, Directiva Equipamentos de Trabalho, Manutenção Preventiva

resumo

Com a globalização dos mercados e consequente concorrência, as empresas vêem-se cada vez mais confrontadas com a necessidade de evoluir, não só através da melhoria de qualidade no seu produto/serviço como pela redução de custos. Uma das áreas que se revela crucial na obtenção destes objectivos é a manutenção, não só pela crescente necessidade de maquinaria na indústria actual, como pela diminuição de custos e aumento de fiabilidade que esta possibilita.

Funcionando inicialmente, apenas como ferramenta de reparação de avarias, a manutenção evoluiu, nos últimos 50 anos para um modelo mais proactivo, tendo nascido aquilo que se denomina de manutenção preventiva, visa essencialmente evitar a avaria, reduzindo tempos de paragem na actividade que se revelam catastróficos em termos financeiros.

Com a tecnologia existente, é hoje possível criar uma manutenção que se paute por uma intervenção cirúrgica e localizada, contribuindo assim para um aperfeiçoamento, não só nesta área como em todas as adjacentes.

Ainda relativamente à maquinaria presente na vasta maioria das empresas, existem actualmente um conjunto de directivas e decretos-lei orientados para a normalização do equipamento, bem como para a segurança e saúde dos trabalhadores, particularmente as Directiva Máquinas 2006/42/CE e Directiva Equipamentos de Trabalho.

Dentro desta ordem de ideias, o presente trabalho tem como objectivo principal a melhoria do sistema de manutenção preventiva e sua correcta implementação na empresa Toyota Caetano Portugal, S.A. (Divisão Fabril de Ovar).

keywords

Maintenance, Cost Reduction, Increased Reliability, Machinery Directive, Work Equipments Directive, Preventive Maintenance

abstract

With the globalization of markets and the consequent competition, companies find themselves increasingly confronted with the need to evolve, not only by the improvement of the quality of their product/service but also by the cost reduction. One of the areas which reveals crucial in achieving these objectives is maintenance, not only due to the growing need for machinery in industry today, as to the lower costs and increased reliability that it allows.

Initially intended only as a tool for repairing damage, maintenance evolved in the last 50 years to a more proactive model, having born what is called preventive maintenance, which intends primarily to prevent damage, reducing downtimes to the activity which reveals catastrophic in financial terms.

With the existing level of technology is now possible to create a maintenance that is guided by a surgical and located intervention, thus contributing to an improvement not only in this area as in all adjacent.

Still on the existing machinery in the vast majority of companies, there are a number of directives and decrees-law which are oriented towards the standardization of equipment and for safety and health of workers, particularly the Machinery Directive 2006/42/CE and the Work Equipments Directive.

In this vein, the present work is aimed primarily at improving the system of preventive maintenance and its proper implementation in the company Toyota Caetano Portugal, SA (Divisão Fabril de Ovar).

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Contextualização do trabalho.....	1
1.2	Apresentação do tema.....	1
1.3	Estrutura do relatório	2
2	A importância da manutenção no mundo industrial	5
2.1	Definição.....	5
2.2	Evolução do conceito da manutenção	6
2.3	Importância da manutenção	8
2.4	Tipos de manutenção	10
2.4.1	Manutenção correctiva.....	11
2.4.2	Manutenção preventiva.....	11
2.4.2.1	Manutenção preventiva sistemática	12
2.4.2.2	Manutenção preventiva condicional	13
2.4.3	Manutenção de melhoria.....	15
2.5	Abordagem TPM.....	15
2.6	Indicadores de desempenho	17
2.6.1	MTBF.....	17
2.6.2	MTTR	18
2.6.3	MWT.....	18
2.6.4	Disponibilidade	18
2.6.5	λ	18
2.7	O apoio de um sistema ERP.....	19
3	A manutenção na Toyota Caetano Portugal, S.A.	21
3.1	Apresentação da empresa.....	21
3.2	Processo produtivo	24
3.3	Manutenção na Toyota Caetano Portugal, S.A.	30
3.3.1	Departamento de Manutenção.....	31
3.3.2	Caracterização da situação existente	31
3.3.3	Principais desafios	33
4	Metodologia adoptada.....	35
4.1	Mapeamento de tarefas	35

4.2 Divisão das instalações por unidades lógicas	36
4.3 Desenvolvimento de listas de equipamentos	36
4.4 Classificação de equipamentos.....	37
4.5 Desenvolvimento e emissão de instruções de manutenção preventiva	37
4.6 Manuais de equipamentos.....	37
4.7 Desenvolvimento de inventário.....	38
4.8 Sistema ERP	38
4.9 Monitorização e melhoramento do programa de manutenção	39
4.10 Directiva Máquinas e Equipamentos de Trabalho	39
4.11 Cronograma.....	40
5 Resultados.....	41
5.1 Mapeamento de tarefas	41
5.2 Divisão das instalações por unidades lógicas	43
5.3 Desenvolvimento de listas de equipamentos	45
5.4 Classificação de equipamentos.....	47
5.5 Desenvolvimento e emissão de instruções de manutenção preventiva	48
5.6 Manuais de equipamentos.....	50
5.7 Desenvolvimento de inventário.....	50
5.8 Sistema ERP.....	52
5.9 Monitorização e melhoramento do programa de manutenção	53
5.10 Directiva Máquinas e Equipamentos de Trabalho	54
6 Conclusão	57
6.1 Balanço do trabalho realizado	57
6.2 Perspectivas de trabalho futuro	59
Referências Bibliográficas	61

Índice de Figuras

Figura 1 - Evolução do conceito de manutenção (Fonte: PRONACI).....	7
Figura 2 - Custos de manutenção.....	8
Figura 3 - Gráfico de lucro vs disponibilidade (Adaptação de Murty & Naikan).....	9
Figura 4 - Classificação de manutenção (Fonte: European Standard EN 13306)	10
Figura 5 - Gráfico curva de banheira (Adaptado de Xenos)	14
Figura 6 - Fotografia de Toyota Caetano Portugal, DFO.....	22
Figura 7 - Unidades fabris existentes na DFO e zona de transformações.....	22
Figura 8 - Organigrama da Toyota Caetano Portugal, DFO	23
Figura 9 - Stock de CKD (Complete Knock Down).....	25
Figura 10 - Secção de Soldadura	26
Figura 11 - Secção de Pintura.....	27
Figura 12 - Secção de Inspeção Final.....	28
Figura 13 - Secção de Estruturas	28
Figura 14 - Secção de Rectificação.....	30
Figura 15 - Organograma do departamento de manutenção da Toyota Caetano Portugal ..	31
Figura 16 - Procedimento normalizado de resposta a uma situação de avaria.....	32
Figura 17 - Cronograma das actividades realizadas	40
Figura 18 - Quadro de tarefas pendentes.....	42
Figura 19 - Layout geral da Divisão Fabril de Ovar.....	43
Figura 20 - Esquema da divisão das instalações da fábrica 1 por unidades lógicas.....	44
Figura 21 - Layout da secção soldadura.....	44
Figura 22 - Representação de número técnico	46
Figura 23 - Aplicação dos 5S	51
Figura 24 - Equipamento em manutenção preventiva em SAP.....	52
Figura 25 – Etiqueta de manutenção preventiva	52
Figura 26 - Ciclo PDCA.....	53
Figura 27 - Exemplo de ficha de histórico de equipamento.....	60

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Nível de escolaridade dos colaboradores da Divisão Fabril de Ovar.....	23
Tabela 2 - Média de idades dos colaboradores da Divisão Fabril de Ovar.....	24
Tabela 3 - Representação esquemática de número técnico	46
Tabela 4 - Classificação do método de Ipinza.....	47
Tabela 5 - Pontuação do método de Ipinza	48

1 Introdução

1.1 Contextualização do trabalho

O presente documento pretende relatar o trabalho executado no âmbito da cadeira de Estágio/Projecto/Dissertação inserida no currículo de Mestrado de Bolonha de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro.

Este trabalho foi realizado na empresa Toyota Caetano Portugal, S.A. (Divisão Fabril de Ovar), sediada no concelho de Ovar, distrito de Aveiro. A empresa opera no sector da metalurgia e metalomecânica, mais especificamente no ramo da indústria automóvel, produzindo neste momento três tipos distintos de veículos (Toyota Hiace, Dyna e Óptimo).

O trabalho realizado centra-se na manutenção preventiva e sua implementação numa fábrica da indústria automóvel, considerando as vantagens inerentes às opções tomadas, bem como as dificuldades encontradas.

1.2 Apresentação do tema

Como consequência da evolução associada aos modelos de gestão, actualmente a função manutenção não pode ser encarada como tendo o único objectivo de garantir determinada capacidade produtiva. Deste modo, a sua missão deixa de ser apenas a de garantir a cadência produtiva ou a disponibilidade dos equipamentos sendo também necessário levar em consideração os atributos dos bens produzidos, nomeadamente, qualidade, preço e prazo.

Assim a manutenção passa a ter um papel fundamental na consecução dos objectivos da empresa, por contribuir para o alcance dos objectivos produtivos, quer em termos de prazos, quer em qualidade. Os custos associados à manutenção são extremamente elevados e têm vindo a aumentar ao longo dos anos e cada vez existem mais exemplos que o possam comprovar.

De acordo com um estudo realizado por Wireman [1] nos Estados Unidos da América, desde 1979 que os custos de manutenção das empresas norte-americanas têm vindo a subir entre 10 a 15% ao ano.

Em 1988 a indústria britânica de produção gastou 10.4 mil milhões de euros para manter sistemas de produção directos, enquanto a força aérea americana gasta 8.5 mil milhões de euros anualmente [2].

Segundo Komonen na Finlândia são gastos em média 5.5% dos lucros em manutenção, mas estes valores podem ir de 0.5% a 25% [3].

Em muitas empresas de grande porte os custos de manutenção podem chegar a 40 % do orçamento operacional [4].

De acordo com o estudo feito pela associação brasileira de manutenção (ABRAMAN) mostrou que os custos com manutenção no Brasil chegam a 4.2% do PIB, o equivalente a mais de 142 mil milhões de euros [5].

1.3 Estrutura do relatório

O presente relatório encontra-se estruturado em 6 capítulos, sendo que o primeiro se refere às razões pelas quais este trabalho foi realizado sublinhando ainda a relevância do mesmo.

O capítulo seguinte pretende fornecer o enquadramento teórico de manutenção industrial, bem como simplificar conceitos e explicar ideias necessárias para a correcta interpretação e compreensão do leitor geral. Neste capítulo será ainda debatida a importância de sistemas ERP na manutenção preventiva dos nossos dias.

No terceiro capítulo será introduzido o caso de estudo abordado caracterizando-se a empresa, bem como os produtos e seus métodos de produção.

O capítulo 4 basear-se-á na metodologia adoptada na resolução dos problemas existentes, sendo ainda abordadas vantagens e as justificações das escolhas efectuadas.

No quinto capítulo são apresentados e justificados alguns dos resultados finais obtidos.

Finalmente, no último capítulo será efectuado um balanço do trabalho efectuado ao longo do período de estágio curricular, bem como indicados procedimentos e vectores a seguir na continuação e melhoramento do trabalho efectuado.

2 A importância da manutenção no mundo industrial

2.1 Definição

Com a globalização dos mercados e o consequente aumento da concorrência, as empresas viram-se confrontadas com a necessidade de evoluir para poderem sobreviver face à situação actual. Esta evolução passará obrigatoriamente pela melhoria de qualidade nos seus produtos/serviços, bem como pela redução de custos, de modo a responder a um mercado cada vez mais exigente e em constante mudança.

A sobrevivência de qualquer negócio, empresa ou organização depende da habilidade de se competir efectivamente [6].

Uma das áreas que se revela crucial na obtenção destes objectivos é a manutenção industrial, não só pela crescente necessidade de maquinaria na indústria actual, como pela redução de custos e aumento de fiabilidade que possibilita.

A norma europeia [7] define gestão da manutenção como “todas as actividades da gestão que determinam os objectivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspectos económicos”. Em alternativa, pode definir-se manutenção como “ a combinação das acções de gestão, técnicas e económicas, aplicadas aos bens, para optimização dos seus ciclos de vida” [8]. O que se retira de ambas as definições é que a manutenção pode ser entendida como o conjunto de procedimentos que visa o perfeito funcionamento de um equipamento maximizando o seu tempo de vida útil, corrigindo e se possível prevenindo eventuais falhas.

Assim, o principal objectivo da manutenção passa por maximizar a disponibilidade e longevidade dos equipamentos, reduzindo assim as paragens de produção devidas a avarias, bem como pelo assegurar de níveis de qualidade do trabalho prestado pelos mesmos.

2.2 Evolução do conceito da manutenção

Tavares [9] defende que a história da manutenção acompanha o desenvolvimento técnico observado no mundo industrial.

De acordo com Pinto [10], os desenvolvimentos mais relevantes da história da manutenção ocorreram já na segunda metade do século XX. Assim, e de acordo com o autor, podem considerar-se quatro etapas distintas:

Etapa 1: Reparar a avaria

Apesar se a manutenção ser tão antiga quanto o engenho humano, apenas a partir dos anos 1930 é que se começou a sentir a necessidade de automatizar a função manutenção. Até aqui a preocupação dominante residia apenas na recuperação do investimento feito nos bens de equipamento restaurando a sua operacionalidade.

Etapa 2: Evitar a avaria

O enorme esforço de produção associado à 2ª Guerra Mundial e à recuperação económica do pós-guerra impuseram às linhas de produção ritmos de trabalho nunca antes vistos. Eram à data totalmente incompatíveis com as paragens demoradas para reparação de avarias. Existia portanto a necessidade de organizar a manutenção de modo a aproveitar os tempos mortos para intervir sobre as máquinas, mas com a eficácia que permitisse reduzir ao mínimo as paragens por avaria em plena laboração, surgindo assim pela primeira vez uma versão de planeada de manutenção que visava a disponibilidade do equipamento.

Etapa 3: Adivinhar a avaria

O avanço tecnológico que se fez sentir na década de 60 do século passado, traduzido na generalização do uso do computador, no maior domínio dos processos produtivos e no melhor conhecimento dos materiais, permitiu lançar as bases de uma manutenção que se preocupava na mesma em evitar a avaria, mas recorrendo a intervenções cirúrgicas e de forma localizada. Esta pautava-se pela utilização de sistemas de diagnóstico que indicam quando a avaria está iminente, em vez da intervenção

sistemática e periódica, usual na metodologia anterior. Esta etapa marcou o salto para uma mentalidade nova, mais interessada em controlar do que propriamente em intervir.

Etapas 4: Qual o futuro da manutenção?

Existe hoje menos manutenção de correcção, sendo possível conseguir melhorias de fiabilidade de tal ordem que existem máquinas que o atravessam toda a sua vida útil sem uma única avaria. A integração em larga escala da electrónica tornou obsoleta a reparação a nível de componentes, estando muitas vezes a própria máquina equipada com meios que lhe possibilitam indicar o módulo deficiente e a necessitar de substituição. Existem também progressos notáveis a nível mecânico, com o desenvolvimento de materiais, como os compósitos, que permitem alcançar níveis de resistência extremamente elevados, mantendo ainda assim pouco peso, bem como imunidade à corrosão, um dos grande problemas na longevidade da maquinaria industrial. Contudo, uma vez que continuam a coexistir diferentes tipos de equipamento com diferentes tipos de tecnologia, serão por sua vez também necessários diferentes tipos de manutenção. Assim, o que acontecerá, será não a eliminação da manutenção, mas antes um reformular da mesma (fig. 1), que consistirá num alargar de competências e obrigatoriamente de conhecimentos de modo a acompanhar a evolução da tecnologia e suas necessidades.

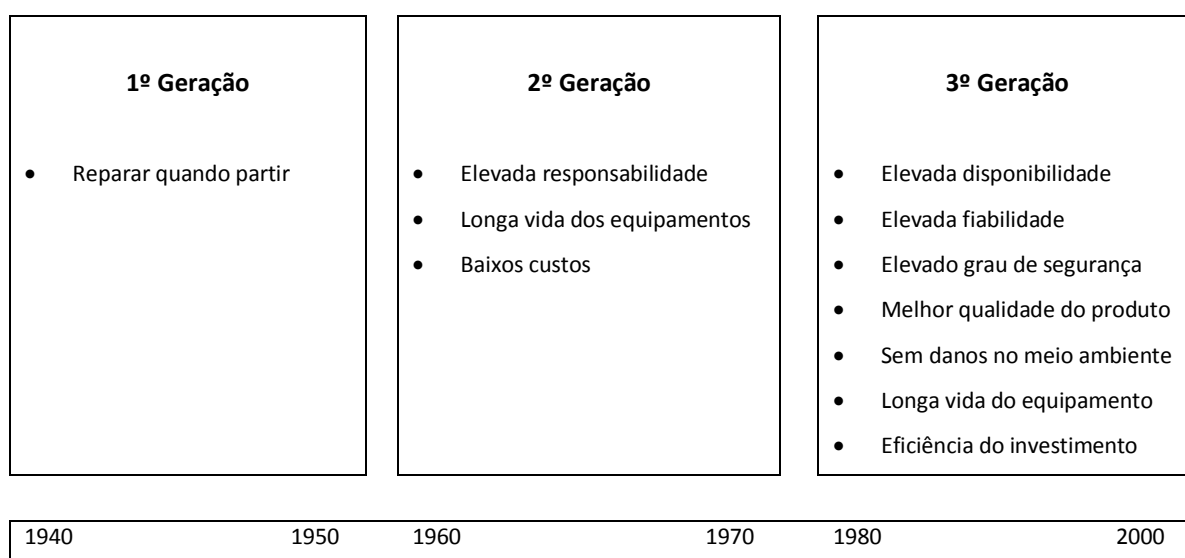


Figura 1 - Evolução do conceito de manutenção (Fonte: PRONACI)

2.3 Importância da manutenção

Segundo Sheu e Krajewski [11] os custos de manutenção industrial podem variar entre 15 a 40 % dos custos totais de produção, existindo autores que consideram estes valores ainda mais elevados [4]. Assim, uma melhoria na implementação (eficiência) é uma fonte potencial de grande economia a nível financeiro. Para Mirshawa e Olmedo [12], os custos gerados pela manutenção (fig. 2) são apenas a ponta do icebergue (mão-de-obra, ferramentas, materiais, etc.) estando encobertos os custos de indisponibilidade de equipamento, que englobam os custos decorrentes de perda de produção, da não qualidade e retrabalho dos produtos, bem como possíveis consequências negativas sobre a imagem da empresa.



Figura 2 - Custos de manutenção

De acordo com Hellmann [13] as actividades de manutenção proporcionam a fiabilidade e a disponibilidade dos processos de produção (fig. 3), evitando falhas e possíveis deteriorações de equipamento.

Existem diversas razões pelas quais uma empresa deve efectuar manutenção:

- Melhoria contínua de produção e respectivos equipamentos;
- Qualidade de produção;
- Elevação de níveis de produtividade e de qualidade;
- Disponibilidade;
- Custos de falha de produção.

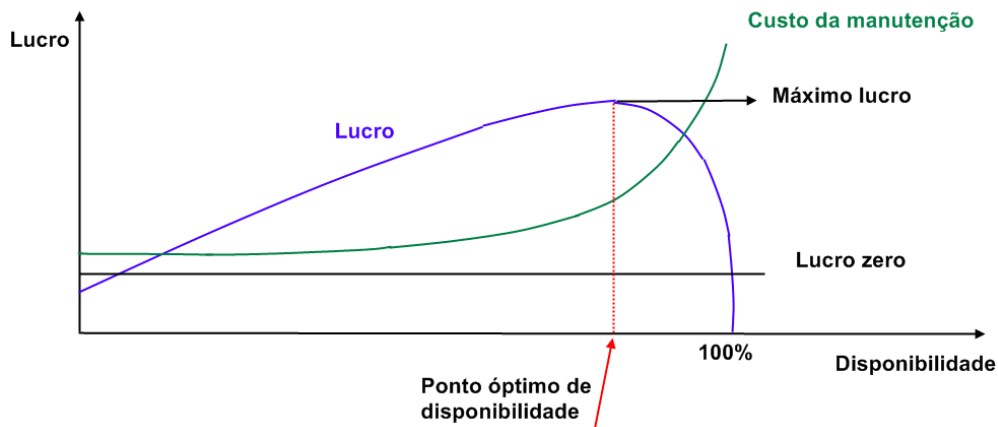


Figura 3 - Gráfico de lucro vs disponibilidade (Adaptação de Murty & Naikan)

Com o evoluir da tecnologia, o que anteriormente era produzido manualmente, é actualmente produzido por intermédio de maquinaria especializada, o que acarretou uma diminuição da mão-de-obra directamente ligada à produção e um consequente aumento de investimento em equipamento fabril. A manutenção que durante anos foi vista como tarefa secundária e dispendiosa, alvo de grandes reduções orçamentais em tempos de crise, passou a ser considerada factor determinante na economia das empresas, capaz de alterar radicalmente os índices de produtividade [14].

Para Kardec e Nascif [15], a manutenção ocupa hoje em dia uma posição estratégica nas organizações, sendo uma das principais razões que permitem a diferenciação por parte das empresas líderes nos seus segmentos.

Uma manutenção irresponsável e inadequada irá provocar custos associados para a empresa que por vezes podem ser indevidamente esquecidos [16], tais como:

- Perdas de produção;
- Retrabalho;
- Sucata;
- Multas por pedidos atrasados;
- Perdas de clientes por insatisfação;
- Perdas para a imagem da empresa.

Além do anteriormente referido, a importância da manutenção é também observável pelos recursos materiais alocados aos seus departamentos, bem como pelos números relativos a pessoal envolvido nas actividades de manutenção, chegando nalguns casos a um quarto do total de colaboradores do processo industrial [17].

2.4 Tipos de manutenção

Não existe grande consenso entre os diversos autores quanto à classificação dos diferentes tipos de manutenção. Contudo, considerando a classificação usada pela norma europeia [7], podem considerar-se duas grandes classes de manutenção (fig. 4), Manutenção Correctiva e Manutenção Preventiva, que diferem exactamente pelas razões pelas quais são levadas a cabo, que por sua vez se podem subdividir em diferentes subcategorias.

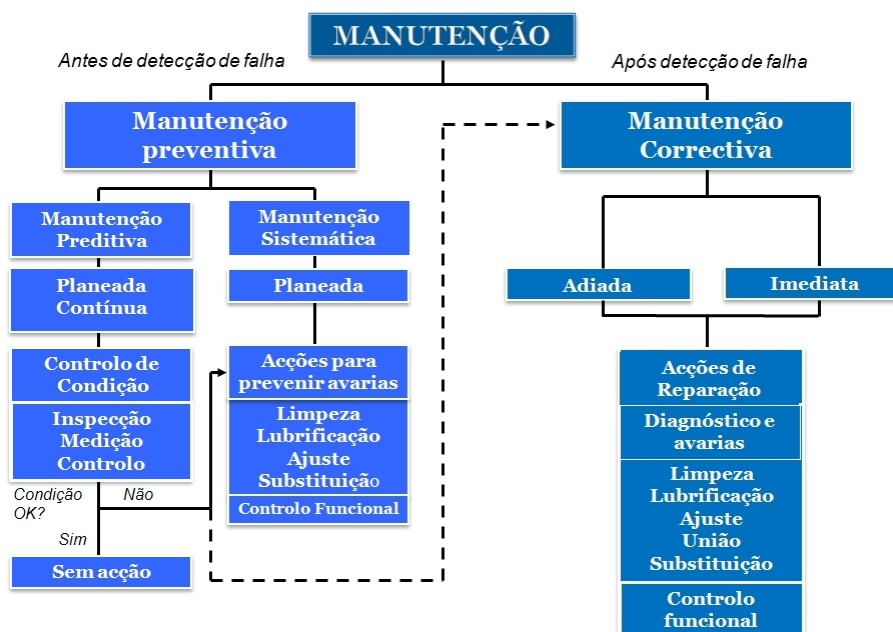


Figura 4 - Classificação de manutenção (Fonte: European Standard EN 13306)

2.4.1 Manutenção correctiva

Sendo o tipo mais básico e antigo de manutenção, tem como principal função corrigir ou restaurar as condições de funcionamento de determinado equipamento, isto é, ocorre quando o equipamento apresenta índices de performance abaixo do esperado, ou em caso de falha. Esta filosofia de manutenção baseia-se num princípio muito simples: se um determinado equipamento avaria, então procede-se à sua reparação, caso contrário não se lhe faz nada. Utilizando esta metodologia não existem custos de manutenção até que ocorra uma avaria, contudo este tipo de manutenção reactiva é o método que maiores custos implica. Os custos da manutenção correctiva devem-se essencialmente a:

- Baixa utilização de equipamentos;
- Diminuição do tempo de vida útil da máquina;
- Perdas de produção devido às falhas que ocorrem de modo aleatório;
- Elevados inventários de peças sobresselentes;
- Elevado número de horas extraordinárias de trabalho.

Uma vez que este tipo de manutenção não prevê a ocorrência de falhas, torna-se obrigatório ter um stock de peças que permita, em última instância, arranjar os equipamentos mais importantes, bem como uma equipa de manutenção que reaja de imediato.

2.4.2 Manutenção preventiva

Para Cabral [18] “manutenção preventiva é a manutenção efectuada a intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou degradação do funcionamento de um bem”

Segundo Monchy, [19] a manutenção preventiva é uma intervenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha.

A manutenção preventiva é, ao contrário da correctiva, utilizada com o intuito de evitar ou reduzir as falhas que possam surgir no equipamento. Obedece a um planeamento

previamente executado baseado em intervalos finitos e regulares. De acordo com Xenos [20], a manutenção preventiva é considerada o coração das actividades de manutenção, envolvendo tarefas sistemáticas, como inspecções, reformas, trocas de peças, etc.

O custo da manutenção preventiva pode contudo ser elevado, se esta não for correctamente implementada, uma vez que algumas peças e outros componentes de equipamentos poderão ser substituídos antes de atingirem os seus limites de vida útil.

Na opinião de Cabral [18] este tipo de manutenção divide-se duas subcategorias, manutenção preventiva sistemática e manutenção preventiva condicional, existindo ainda autores que consideram uma terceira, manutenção preventiva detectiva ou de rotina, que contudo não será abordada neste trabalho pela elevada similaridade com a manutenção preditiva.

2.4.2.1 Manutenção preventiva sistemática

Este tipo de manutenção assume que as falhas ocorrem de um modo mais ou menos previsível, pelo que os trabalhos são planeados com uma periodicidade que permita que sejam realizados antes da ocorrência da falha, não existindo contudo um controlo prévio do estado do equipamento. Esta metodologia é portanto uma manutenção periódica, realizada a intervalos constantes, sejam eles horas de funcionamento, de produção, número de peças produzidas, (etc.) sem informação referente á condição do aparelho em causa.

Esta é uma grande evolução perante a manutenção correctiva, pois permite diminuir taxa de avarias que afectam o equipamento, uma vez que este é alvo de uma manutenção prévia (na maior parte dos casos) à ocorrência da avaria. Contudo este método tem um senão, o facto de considerar o mesmo tempo médio de falha para dois equipamentos iguais, desprezando as condições do meio onde trabalham, ou mesmo o tipo de trabalho efectuado, pelo que esta política só é eficaz quando o mecanismo de falha é típico de desgaste.

Logicamente a maior dificuldade consiste em identificar o período de tempo que maximiza a utilização de um determinado equipamento. Esta dificuldade é proporcional à complexidade do item em causa pois quanto mais complexo este for, menos provável será apresentar um padrão de falha típico de desgaste.

Este processo irá portanto depender do rigor com que for possível prever o período durante o qual o componente trabalhará sem falhas.

2.4.2.2 Manutenção preventiva condicional

Também designada por manutenção preditiva [13], é caracterizada pela realização de um acompanhamento do estado do equipamento através de meios de vigilância sistemáticos. Deste modo é possível monitorar um equipamento sem paragem de produção, sendo possível prever o momento de falha, permitindo assim intervir sobre o equipamento antes que esta ocorra.

Existem diversas técnicas de controlo de condição das máquinas, sendo as mais conhecidas e utilizadas:

- Análise de vibrações;
- Termografia;
- Análise de parâmetros de rendimento;
- Inspeção visual;
- Medições ultra-sónicas;
- Análises de lubrificantes em serviço.

Este método está dependente da eficácia dos recursos e das metodologias para vigiar o estado dos equipamentos.

2.4.2.3 Principais diferenças entre tipos de manutenção preventiva

Qualquer dos dois tipos de manutenção preventiva referidos anteriormente é planeado, podendo contudo afirmar-se que a manutenção preditiva será mais refinada que a sistemática, uma vez que o seu planeamento é feito com base nos resultados de uma avaliação contínua e metódica enquanto a manutenção preventiva sistemática recorre um planeamento automático que se baseia em tempos pré-determinados médios.

Uma manutenção preventiva responsável assenta em três objectivos base:

- Prever do modo mais preciso possível os momentos em que poderão ocorrer avarias, de modo a tomar medidas antecipadamente;
- Reduzir ao máximo os factores que contribuam para as avarias, isto é, incrementar os factores que contribuem para o bom funcionamento dos equipamentos;
- Minorar, sempre que possível, as consequências de uma avaria.

Conhecida como curva da banheira (fig. 5) ou curva de tempo médio de falha, representa três períodos distintos do ciclo de vida de um equipamento. O primeiro, conhecido como período de mortalidade infantil, correspondente a falhas prematuras na máquina, enquanto esta se encontra no início da vida, existindo uma alta probabilidade de avaria. Esta elevada probabilidade de falhas deve-se, na maior parte dos casos a deficiências de projecto, mau fabrico de componentes ou ainda a erros de operação. O período seguinte, designado por vida útil é caracterizado pela diminuição da probabilidade de avaria, mantendo-se esta a um nível constante durante bastante tempo. Nesta situação as falhas ocorrem essencialmente devido às limitações inerentes do próprio equipamento ou de utilizações incorrectas.

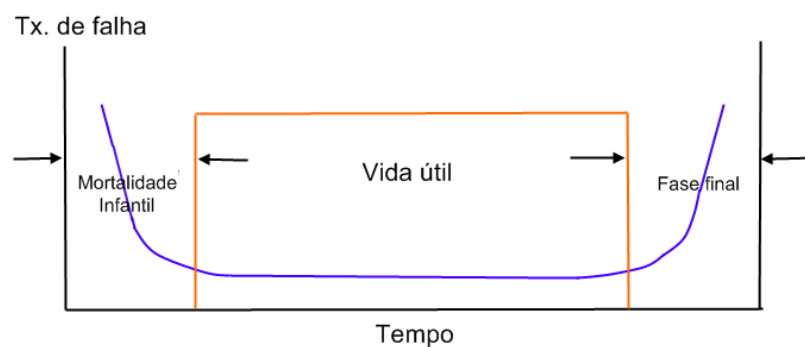


Figura 5 - Gráfico curva de banheira (Adaptado de Xenos)

Finalmente, no período de desgaste, a probabilidade de avaria volta a subir. Neste caso as falhas normalmente ficam a dever-se ao desgaste próprio da idade do item. O número de avarias começará a aumentar progressivamente colocando em risco a produção, sendo comum nestas alturas haver um aumento de custos de produção devido ao

equipamento em causa, revelando-se esta a altura correcta para equacionar a substituição do mesmo.

2.4.3 Manutenção de melhoria

Existem ainda autores [8] que consideram um terceiro tipo de manutenção, a de melhoria. Este método visa implementar uma melhoria nos equipamentos que vai além das características inicialmente planeadas no projecto de concepção. Estas melhorias pretendem, através de modificações no próprio equipamento, aperfeiçoar as suas características a nível operacional, ambiental ou de segurança, podendo em algumas situações, significar uma menor frequência de outros tipos de manutenção industrial.

2.5 Abordagem TPM

A manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance*) é um conceito de manutenção introduzido no Japão no início da década de 70 decorrente da implantação da técnica produtiva KanBan na empresa Nippon Denso, do grupo Toyota. Marca registada do Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), a TPM é hoje um exemplo de sucesso, encontrando-se implementada em vários países com excelentes resultados.

Para Takahashi [21] a TPM pode ser vista como uma forma de manutenção preventiva implementada de uma forma mais vasta. Esta filosofia consiste numa forma de manutenção que pretende integrar a participação de todos os colaboradores da empresa, desde o operador de máquinas ao quadro mais alto da empresa.

A TPM é caracterizada por:

- Maximizar a eficiência global de equipamentos;
- Englobar todo o ciclo de vida útil dos equipamentos;
- Participação de quadros técnicos da manutenção e produção;
- Participação de todos os colaboradores da empresa;
- Motivação acrescida através de actividades voluntárias.

Para Nakajima [22] os principais objectivos da TPM são o aumento de fiabilidade e disponibilidade de maquinaria, a eliminação de falhas e redução de desperdícios, contando para tal com o envolvimento de todos os colaboradores. Embora existam outras, as principais perdas são causadas por:

- Paragem accidental (avarias);
- Mudança da linha (setup);
- Entrada em processo produtivo;
- Aumento de tempo de ciclo;
- Defeitos;
- Funcionamento em vazio;
- Defeitos em ferramentas.

Segundo Venkatesh [23], ao envolver os operadores que são responsáveis pelo equipamento, este método garante, não só tirar partido do conhecimento de alguém que convive diariamente com o equipamento, como ainda libertar os especialistas destas tarefas, permitindo-lhes preocupar-se com operações mais específicas, possibilitando assim a criação de valor acrescido para a empresa.

A TPM requer um nível de planeamento extremamente refinado e exige uma grande aposta em todos os colaboradores, tanto a nível motivacional como a nível de formação.

Apoia-se em seis princípios base:

- Melhorias individualizadas no equipamento;
- Estruturação de manutenção autónoma;
- Estruturação de manutenção planeada;
- Controlo inicial;
- TPM nos escritórios;
- Higiene, segurança e controlo ambiental.

Tavares [9] considera a manutenção autónoma como o mais importante destes princípios e caracteriza-a como sendo constituída por cinco actividades principais: limpeza, lubrificação, inspecção, pequenos ajustes e medições. As actividades

anteriormente referidas são extremamente importantes para alcançar os objectivos da TPM que podem ser sintetizados em:

- Zero avarias;
- Aumento de fiabilidade de equipamentos
- Redução de tempos de paragem de produção;
- Diminuição de defeitos;
- Incremento de produtividade;
- Aumento de motivação.

2.6 Indicadores de desempenho

Para que seja possível a uma empresa evoluir, é necessário conseguir avaliar a real situação em que se encontra, para poder descobrir os pontos fracos e atacá-los, estabelecendo metas futuras ambiciosas a atingir. Para que tal aconteça, são necessárias medidas de desempenho que permitam essa mesma avaliação, não só da situação actual, como de alterações futuras, permitindo assim uma comparação entre os diferentes momentos.

2.6.1 MTBF

O tempo médio entre falhas (Mean Time Between Failures) exprime o tempo entre duas avarias consecutivas, isto é, o tempo decorrido entre o fim da última falha e o início da próxima, de entre o tempo que o equipamento deveria estar em funcionamento. Assim o MTBF é um indicador real da fiabilidade da máquina, ou seja, da probabilidade de determinado equipamento cumprir o seu propósito dentro dos parâmetros estabelecidos. Existe um outro índice em tudo semelhante ao MTBF, o tempo médio para falha (Mean Time To Failure), que é utilizado para equipamentos que não têm reparação, tais como baterias, lâmpadas, etc.

2.6.2 MTTR

Medida mais comum de manutenibilidade de equipamentos, corresponde ao tempo médio utilizado para proceder à reparação de um equipamento (Mean Time To Repair), e calcula-se dividindo o somatório dos tempos de reparação num dado período pelo número de avarias ocorridas nesse mesmo período.

2.6.3 MWT

Acrónimo utilizado para designar tempo médio de espera (Mean Waiting Time), que expressa o tempo de reacção de uma equipa de manutenção a uma situação de avaria. É facilmente calculado através da divisão do somatório dos tempos de espera num dado período pelo total de avarias ocorridas nesse mesmo período.

2.6.4 Disponibilidade

Disponibilidade de um equipamento é definida como a percentagem do período em que este se encontra em condições de efectuar a operação esperada e pré-definida. Este índice é calculado usando os restantes indicadores referidos anteriormente, através da expressão:

$$\text{Disponibilidade} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR} + \text{MWT})$$

2.6.5 λ

Designado como taxa de avarias, este índice expressa o número de avarias por unidade de utilização, sendo obviamente calculado pela divisão entre o número total de

avarias ocorridas num determinado período pelo total de unidades do período (usualmente tempo).

Estes indicadores são para Lyonnet [24] extremamente importantes para a gestão da manutenção possibilitando inúmeras acções tais como avaliação de uma determinada politica de manutenção, bem como comparações entre períodos diferentes, ou ainda identificação de problemas.

2.7 O apoio de um sistema ERP

Um sistema de gestão de manutenção industrial é hoje em dia, devido à quantidade de informação de equipamento e sua diversidade, quase impossível de manter sem suporte informático. Um software de gestão, quando bem usado é uma ferramenta indispensável de qualquer gestão de manutenção que se preze, poupando recursos importantes tais como tempo, oferecendo um leque de opções alargado e simplificando a estruturação de informações que de outra maneira se tornariam absolutamente caóticas.

A sigla ERP (Enterprise Resource Planning) refere-se a um conjunto de sistemas de informação que integram todos os dados e processos de uma organização em um único sistema. Estes sistemas disponibilizam a capacidade de integrar múltiplas formas de gestão numa só plataforma, facilitando a actualização de informação e consequente acesso à mesma.

Com a adopção de um modelo de manutenção preventiva completo surge a necessidade de implementar um sistema de gestão da informação que permita uniformizar os procedimentos e otimizar os processos de informação. É ainda necessário que possibilite a gestão das várias actividades e serviços desenvolvidos pela empresa nas diversas áreas: sistemas de informação, marketing e comunicação, jurídica, financeira, recursos humanos e manutenção.

Considerando o conjunto de ERP's disponíveis no mercado, o SAP R/3 será talvez a plataforma mais disseminada no mercado. É uma solução tecnologicamente evoluída, robusta e amplamente testada, com implementação nas maiores empresas tanto a nível nacional como internacional:

- Garante um elevado grau de cobertura funcional, com soluções verticais para responder às necessidades específicas do sector;
- Aumenta a eficiência do fluxo de informação;
- Elimina redundância de actividades;
- Reduz os limites de tempo de resposta e incertezas de lead-time
- A completa integração entre os seus diferentes módulos e o elevado grau de parametrização e configuração potenciam a capacidade de adaptação às necessidades e requisitos específicos da empresa;

Para além da uniformização procurada, pode falar-se da maior rapidez na obtenção de dados e de execução de processos, conducentes à tão necessária consolidação de dados. A cadeia de reporting sai beneficiada, encurtando-se os tempos de execução. As empresas têm sistemas mais fiáveis, geradores de informação de maior qualidade. Contudo um sistema ERP possui também desvantagens, pelo que terão que ser sempre devidamente pesados os prós e os contra da sua utilização. Entre as desvantagens existentes encontram-se:

- Investimentos que por vezes não justificam a relação custos/benefício;
- Dependência do fornecedor do sistema;
- Provável resistência á mudança, através da implementação de um sistema ERP

3 A manutenção na Toyota Caetano Portugal, S.A.

3.1 Apresentação da empresa

Fundada em 1946 em Gaia com a designação de Martins, Caetano & Irmão por Salvador Caetano, iniciou a sua actividade no sector das carroçarias que à data eram construídas totalmente em madeira. Alguns anos após o início de actividade, a Salvador Caetano introduziu no país as carroçarias inteiramente metálicas, revolucionando o mercado.

Em 1966 foi inaugurada nova unidade fabril em Gaia, que se viria a revelar uma aposta acertada pela diversificação que proporcionou, uma vez que da lista de produtos passaram a constar cabinas, caixas metálicas atrelados, sistemas basculantes, etc. Em 1968 a empresa enceta conversações com a Toyota Motor Sales, tendo sido assinado um contrato com vista à importação e distribuição exclusiva de veículos Toyota. Devido à limitação imposta à importação, conclui-se que a melhor opção será construir uma linha de produção em Portugal, uma vez que as unidades teriam que ser montadas em solo nacional. Nasce assim a fábrica de Ovar, com uma capacidade de produção de 50 unidades/dia, inicialmente com os modelos Corona, Corolla e Dyna.

Depois da Revolução de 25 de Abril de 1974 a empresa passa por momentos de crise sem precedentes, vendo-se obrigada a uma reestruturação que obrigou a uma organização por funções, criação de um departamento de vendas e finalmente numa aposta clara nos modelos comerciais. Após a alteração para as novas gamas como Hiace, Land Cruiser e Hilux, mantendo a tradicional Dyna a empresa obteve resultados muito animadores, permitindo-lhe anos seguintes garantir crescimentos fora do comum conseguindo assim ultrapassar a concorrência.

Actualmente conhecida como Toyota Caetano Portugal - S.A. (manteve-se até ao final de 2006 com a designação Salvador Caetano IMVT - SA mantém ainda hoje a construção de carroçarias no grupo através da CaetanoBus, resultante de uma joint-venture estabelecida em 2002 com a Evobus (do Grupo Daimler Chrysler). A sede da empresa encontra-se localizada em Vila Nova de Gaia, sendo responsável pelos serviços de

marketing, pós-venda, administrativos e financeiros, enquanto a parte produtiva, onde se realizou o estágio que deu origem a este trabalho, está localizada em Ovar (fig. 6).



Figura 6 - Fotografia de Toyota Caetano Portugal, DFO

A Divisão Fabril de Ovar (DFO) marcou o início de produção de veículos Toyota no continente europeu, e é hoje composta por duas unidades fabris que repartem entre si uma área de 310618 m², dos quais 34490 m² cobertos. A fábrica tem actualmente como principal actividade a montagem de viaturas comerciais "Hiace" e "Dyna", a fabricação de miniautocarros "Óptimo" e transformações de viaturas Toyota (fig. 7), que ocorrem respectivamente na fábrica 1, fábrica 2 e PDI (pre delivery inspection).



Figura 7 - Unidades fabris existentes na DFO e zona de transformações

A exportação de viaturas Dyna iniciou-se em 2003 e actualmente abrange países como França, Reino Unido, Espanha, Alemanha Bélgica, Dinamarca, Irlanda, Suíça, Áustria, Finlândia e Hungria. A exportação do miniautocarro Óptimo contempla o Reino Unido, Espanha, Alemanha e Itália. A Divisão Fabril de Ovar encontra-se funcionalmente organizada por 5 secções (fig. 8) nas quais emprega cerca de 360 colaboradores (tabela 1 e tabela 2) e produziu 5952 unidades durante o ano de 2008, gerando deste modo um volume de negócio de 400 milhões de euros.

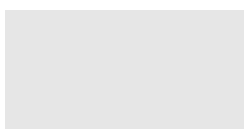


Tabela 2 - Média de idades dos colaboradores da Divisão Fabril de Ovar

	Fábrica 1	Fábrica 2 + PDI
Nº de colaboradores	229	131
Média de idades	40	43

3.2 Processo produtivo

O processo produtivo ocorre apenas nas fábricas 1 e 2, sendo que o PDI (pre delivery inspection) apenas se encarrega de modificações, isto é, não é parte integrante da produção apesar de ser uma mais-valia e proporcionar ganhos a nível monetário á empresa.

Fábrica 1

Nesta unidade fabril são montadas viaturas comerciais, Dyna e Hiace, o processo é dividido em seis fases:

Abertura do CKD (Completed Knocked Down)

A produção das viaturas Hiace e Dyna inicia-se com a abertura do CKD (fig. 9), material que é fornecido pela Toyota directamente do Japão. Posteriormente o planeamento imite a ordem para a montagem das unidades, fazendo uma selecção do material que é necessário ao fabrico para posterior abastecimento aos postos de soldadura.



Figura 9 - Stock de CKD (Complete Knock Down)

Soldadura

Na soldadura (fig. 10) existem vários postos, começando pelas pré-montagens até a finalização da viatura. A linha pode ser dividida em três sectores:

- Small parts: são executadas pré-montagens em certas peças que são, posteriormente, direccionadas para os postos seguintes, manualmente;
- Under Body's: são realizadas as montagens a fundo da carroçaria. A passagem do fundo da carroçaria para os Main Body's é feita por um diferencial;
- Main Body's: onde se realiza o processo de montagem do “corpo” da carroçaria (cabine).

A soldadura é feita por pontos, ou seja, não há adição de material, utilizando ferramentas de trabalho denominadas JIGS, que posicionam devidamente as diversas peças que constituem a carcaça.



Figura 10 - Secção de Soldadura

Bate-chapas

Após a soldadura, a viatura passa por esta secção para ser analisado e caso existam defeitos na chapa, estes são corrigidos. Aqui também são montadas as portas das viaturas.

Pintura

Na pintura (fig. 11) existem várias fases, tais como: aspiração, limpeza e pré-lavagem; pré tratamento da chapa; pintura por electrodeposição (ED); lixagem do ED; aplicação de vedantes e PVC; pintura de primário; lixagem do primário; pintura do esmalte e rectificação de pintura.



Figura 11 - Secção de Pintura

Montagem Final

A viatura após sair da pintura entra na montagem final onde são incorporados os componentes de CKD e Incorporação Nacional. O material de CKD corresponde a cerca de 84% do material usado no processo de produção, contudo os 16 % de Incorporação Nacional assumem grande importância uma vez que fornecem as cablagens, pneus, vidros, bancos, etc.

Estes materiais são recepcionados em transportadores próprios, provenientes do armazém, e abastecidos aos postos previamente definidos pela Gama de Montagem Final.

A montagem final pode ser dividida em 4 linhas: Linha de cabines, linha dos postos elevados, linha dos chassis e linha da montagem final.

Inspecção Final

Nesta secção (fig. 12) é realizada a limpeza á viatura, afinação de portas e correcção de pequenos defeitos. De seguida a viatura é inspeccionada, e os pequenos defeitos são imediatamente corrigidos, segue-se posteriormente o alinhamento das rodas, focagem de faróis, teste aos travões, prova de pista e prova de água.

Por último, é aplicada uma cera anti-corrosão, na zona de chassis, sendo finalmente o veículo considerado Aprovado (Apto) e seguindo para o parque, onde ficará disponível para os Serviços Comerciais (entrega aos concessionários).



Figura 12 - Secção de Inspeção Final

Fábrica 2

Estruturas dos Autocarros

É efectuado o despenho (fig. 13) e a eliminação de "rebarbas" da soldadura, bem como o alinhamento da estrutura.



Figura 13 - Secção de Estruturas

Pintura da Estrutura

A estrutura do autocarro é pintada com um primário anticorrosivo. A tinta é projectada e nebulizada de uma pistola convencional, através de uma corrente de ar comprimido. É ainda aplicado um anticorrosivo no interior dos tubos da estrutura e um vedante nas zonas de soldadura.

Chapeamento

Consiste no revestimento da estrutura do autocarro com chapa zincada através da soldadura por pontos.

Cabines de pintura

Com o intuito de eliminar eventuais defeitos é efectuada uma lixagem, sendo também utilizados diluentes e desengordurantes para eliminar possíveis vestígios de poeiras e gorduras que posteriormente poderiam comprometer a qualidade do produto final. Segue-se a aplicação de um primário de base epoxídica e depois de secagem. A betumagem (correção das zonas que apresentem imperfeições por aplicação de betume), lixagem, aplicação de vedante nas zonas de junção do metal e a aplicação de uma subcapa (2º primário) são as operações seguintes, seguida por sua vez da aplicação do esmalte. O esmalte é aplicado por projecção convencional à pistola funcionando a cabine como estufa. Quando se pretende uma pintura metalizada é aplicado para além do esmalte um verniz bicamada. O último passo executado nas operações de pintura consiste na aplicação de um produto anticorrosivo na parte inferior da viatura.

Acabamentos

É efectuado o acoplamento de todos os componentes do autocarro tais como revestimentos interiores, instalação eléctrica, colocação de vidros, montagem de ópticas, portas, montagem de componentes mecânicos, etc.

Rectificação Autocarros

Nesta secção é efectuada a rectificação (fig. 14) da pintura e dos acabamentos através de uma rigorosa inspecção final à viatura, onde pequenas anomalias são

imediatamente corrigidas, após o que se seguirá uma prova de água a que todos os autocarros estão sujeitos.



Figura 14 - Secção de Rectificação

3.3 Manutenção na Toyota Caetano Portugal, S.A.

À Manutenção compete, essencialmente, manter os equipamentos em condições próximas às de um equipamento novo, com as suas qualidades e limitações, evitando a sua degradação e perda de fiabilidade.

Por tarefas de gestão, no âmbito da actividade de Manutenção da empresa, deverão entender-se todas as tarefas que suportam, técnica e administrativamente, as intervenções da Manutenção sobre os equipamentos. O sistema de Manutenção deverá ser suficientemente flexível, de forma a poder integrar e absorver as alterações que vão surgindo no dia-a-dia, designadamente modificações ao planeamento ou a ocorrência de intervenções não previstas, sem que isso afecte a normal actividade dos executantes.

3.3.1 Departamento de Manutenção

O departamento de manutenção (fig. 15) é constituído por dezanove pessoas no total, duas responsáveis pela gestão do departamento, duas pelo trabalho administrativo e mais quinze colaboradores distribuídos pelas diferentes especialidades e zonas da fábrica.

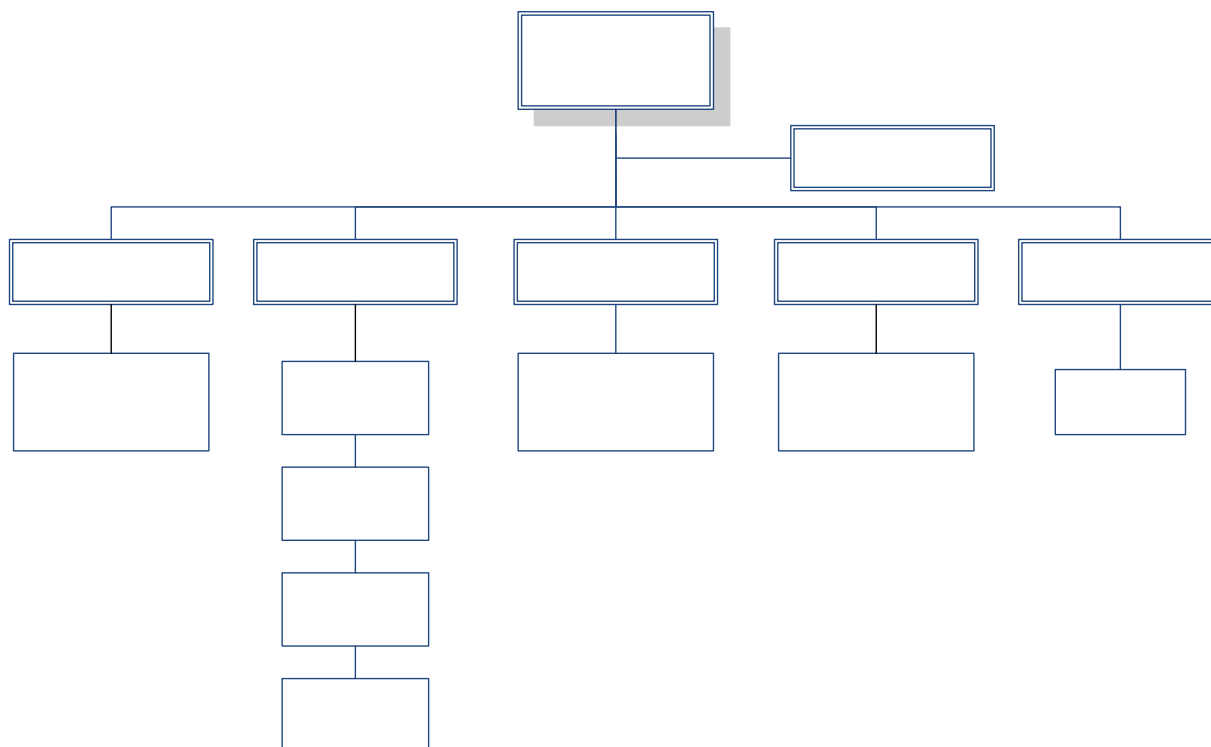


Figura 15 - Organograma do departamento de manutenção da Toyota Caetano Portugal

3.3.2 Caracterização da situação existente

O funcionamento diário do departamento de Manutenção (fig. 16) baseia-se na generalidade dos casos na resposta a situações de avaria/anomalia que se venham a verificar em qual uma das diferentes secções existentes nas instalações da fábrica. Aparte destes casos, o restante tempo é dividido entre a execução de obras de melhoria (tanto em equipamentos como em instalações) e acções de manutenção preventiva, com o intuito de aperfeiçoar o equipamento e consequentemente aumentar a sua fiabilidade. Pretende-se

deste modo proceder à introdução de melhorias construtivas no equipamento, corrigindo deficiências que este apresente face às situações de exploração e desgaste a que é sujeito.

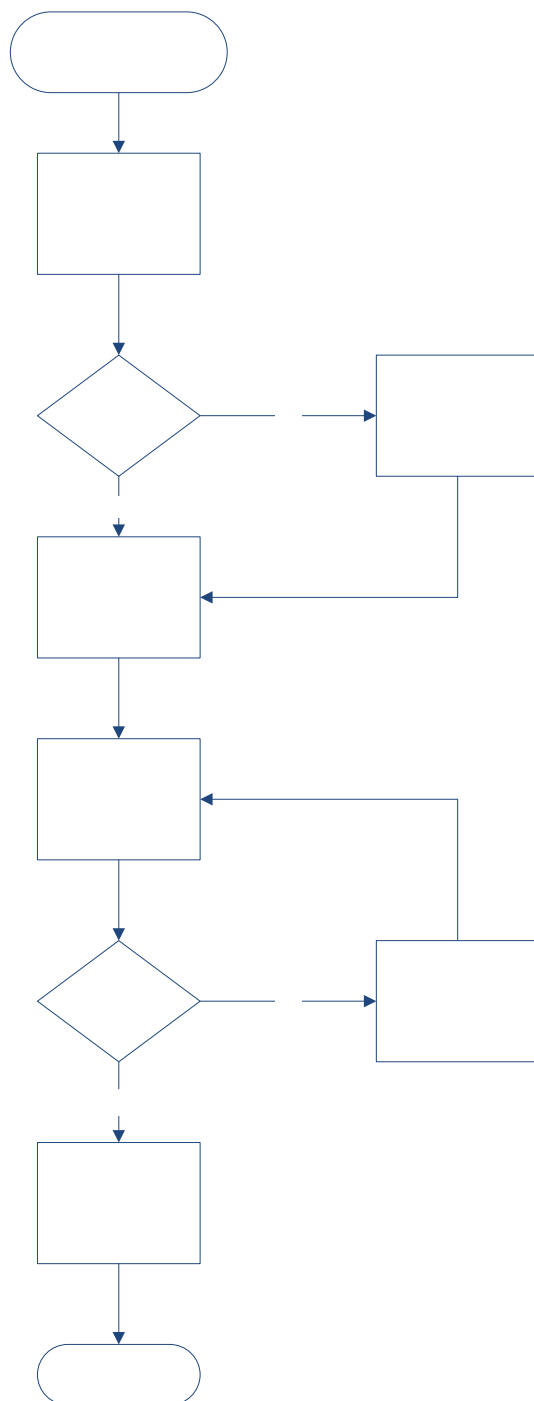


Figura 16 - Procedimento normalizado de resposta a uma situação de avaria

A Divisão Fabril de Ovar era já detentora de um sistema de manutenção preventiva, contudo este não se encontrava actualizado, nem a funcionar de maneira tão ligeira e eficaz como seria desejado. Assim, para que fosse possível planear o próximo passo era forçoso obter uma real caracterização da situação existente na manutenção preventiva pelo que se procedeu a um levantamento exaustivo de alguns dados relativos a:

- Equipamento existente na fábrica;
- Condições de funcionamento do equipamento;
- Análise das não conformidades existentes em cada equipamento;
- Existência de manuais de cada um dos itens existentes
- Existência de listas de procedimento;
- Existência de número de inventário por equipamento;

Adicionalmente, foi também proposta e aceite a responsabilidade de continuar os processos de implementação da Directiva Máquinas (98/37/CE) e consequente Directiva Equipamentos de Trabalho (2001/45/CE) relativas à maquinaria industrial existente na empresa. Estas correspondem aos requisitos mínimos de segurança necessários para que determinados equipamentos possam ser colocados no mercado e usados pelas empresas. Estas duas áreas de legislação europeia foram transpostas para a legislação nacional através dos seguintes diplomas:

- Segurança das máquinas: DL 320/01 de 12 Dezembro;
- Segurança no trabalho com equipamentos de trabalho: DL 82/99 de 16 de Março

3.3.3 Principais desafios

A análise e implementação de um sistema de manutenção preventiva impõe sempre grandes desafios, principalmente numa fábrica com as dimensões e variedade de equipamento da Toyota Caetano Portugal, S.A.

Num primeiro contacto com os responsáveis pela manutenção estes mostraram-se interessados em investir numa análise rigorosa do sistema vigente, com o intuito de encontrar alternativas que pudessem levar a melhorias de desempenho. Assim, este caso de

estudo focou-se essencialmente nos pontos menos positivos do sistema já existente e nas diferentes opções existentes para o aperfeiçoar.

Este projecto visa portanto a criação de um sistema de manutenção preventiva que permita responder às actuais necessidades do complexo fabril de modo a:

- Diminuir tempos de resposta;
- Minimizar custos;
- Aumentar fiabilidade dos equipamentos existentes;
- Aumentar ao máximo a disponibilidade do equipamento produtivo;
- Minimizar as perdas de produção por problemas associados a equipamento.

4 Metodologia adoptada

Não existe um método perfeito e sem falhas para implementar eficazmente um programa de manutenção preventiva, contudo é vital delinear logo à partida uma estratégia que permita abranger todos os aspectos considerados necessários a um projecto deste tipo. Assim e com este propósito em vista, foi gizado um plano que engloba oito passos elementares para o correcto desenvolvimento e implementação deste programa. O plano inicial de manutenção preventiva consistirá numa primeira fase em:

- Mapeamento de tarefas;
- Divisão das instalações por unidades lógicas;
- Desenvolvimento de listas de equipamentos;
- Classificação de equipamentos;
- Desenvolvimento e emissão de instruções de manutenção preventiva;
- Manuais de equipamentos;
- Desenvolvimento de inventário;
- Sistema ERP;
- Monitorização e melhoramento do programa de manutenção;
- Directiva Máquinas e Equipamentos de Trabalho.

Será ainda necessário ter em consideração que poderá existir alguma resistência à mudança por parte de alguns colaboradores, pelo que se torna necessário trabalhar com as pessoas de modo a ajudá-las a perceber porque razão as alterações serão benéficas não só para o contínuo sucesso da empresa como para o das próprias. Em suma, pretende-se envolver as pessoas neste projecto, de modo a aumentar as hipóteses de sucesso do plano.

4.1 Mapeamento de tarefas

Um dos objectivos finais deste projecto é que cada um dos colaboradores venha a receber diariamente um conjunto de ordens de trabalho a efectuar, e que as consiga realizar

de forma mais ou menos independente seguindo a informação fornecida e os procedimentos criados. Não sendo possível, logo á partida, criar uma equipa direccionada exclusivamente para a manutenção preventiva, será necessário contar com todos os elementos ligados a manutenção correctiva, tentando conciliar os dois tipos de actividade.

É portanto fundamental proceder a um mapeamento das actividades a levar a cabo, pois só assim será possível verificar quais as tarefas necessárias para o programa de manutenção preventiva, bem como cumprir os restantes objectivos da manutenção: dar resposta às diferentes avarias e mesmo assim levar a cabo as actividades da manutenção correctiva.

4.2 Divisão das instalações por unidades lógicas

Antes de se iniciar verdadeiramente o programa de manutenção preventiva será proveitoso dividir as instalações existentes em unidades lógicas. Esta divisão tornará o planeamento de actividades e a criação de registos mais fáceis, mais legíveis e menos ambíguos e burocráticos. Existem diversos critérios para a separação das diferentes áreas a considerar, contudo a opção tomada deverá ser simples, lógica e o mais intuitiva e perceptível possível para os colaboradores, de modo a que se sintam também parte integrante deste propósito.

4.3 Desenvolvimento de listas de equipamentos

Após completar o mapa das instalações será necessário criar uma lista de equipamento existente no espaço considerado. A lista mencionada funcionará de modo paralelo aos números de inventário, que na prática servem de referência apenas para a área financeira da empresa e não para a manutenção. Pretende-se desenvolver um sistema que permita agrupar as máquinas existentes por características semelhantes, sejam estas funcionais, de manutenção, ou mesmo de localização. Assim será necessário fazer um levantamento exaustivo do equipamento existente, desenvolver um sistema de numeração para a maquinaria e finalmente organizar o equipamento na estrutura.

4.4 Classificação de equipamentos

Nem todo o equipamento existente nas instalações de uma empresa é preponderante para o funcionamento da mesma, pelo que se torna imperativo classificar o equipamento relativamente à sua necessidade de manutenção preventiva e importância para a empresa, pois no caso de alguns equipamentos a sua manutenção preventiva não seria mais que um dispêndio de dinheiro como de tempo dos colaboradores.

4.5 Desenvolvimento e emissão de instruções de manutenção preventiva

Após a conclusão das listas de equipamento e da classificação do mesmo relativamente à necessidade de manutenção preventiva, o passo lógico será a criação de instruções de manutenção preventiva. Nesta situação será necessário prestar especial atenção à periodicidade de cada instrução de manutenção preventiva (ordens de trabalho) bem como às diferentes fontes de informação acessíveis tais como o conhecimento empírico dos colaboradores do departamento e dos operadores de cada equipamento, os manuais de equipamentos (do próprio ou similares) e alguma informação acrescida que possa vir a ser prestada pelo fornecedor. Além disso, será ainda necessário decidir quais os tipos de dados presentes em cada ordem de trabalhos, de modo a levar à normalização das mesmas, facilitando assim o trabalho das pessoas que as utilizarão.

4.6 Manuais de equipamentos

A correcta gestão de manuais permite uma considerável melhoria a nível de conhecimentos relativos a problemas de funcionamento de equipamentos. Assim um programa de manutenção preventiva de qualidade estará sempre dependente de bons manuais, e estes de boa informação, tal como procedimentos operacionais, guias de resolução de problemas, esquemas de potência, programas de PLC (quando aplicável), listas de peças e outros itens específicos de controlo de equipamento. Deste modo, os

manuais servirão não só como base de um programa de manutenção preventiva, como permitirão ainda o refinamento do mesmo. Os guias permitem deter a informação necessária para responder aos diferentes problemas que vão aparecendo pelo caminho, tanto os mais comuns, como uma considerável percentagem dos mais complexos, que por norma os colaboradores não estão habilitados resolver sem ajuda.

4.7 Desenvolvimento de inventário

O objectivo de deter inventário será sempre o de possuir um stock de peças o mais reduzido possível que contudo permita mitigar o “downtime” dos equipamentos em causa. Um inventário deste género, desde que bem gerido, possibilitará seguir entradas e saídas de peças, bem como gerar relatórios de encomendas, registar históricos de reparação e controlar custos. É importante não esquecer que o programa de manutenção funcionará tão bem quanto o sistema de inventário e de fornecimento de peças que o suportarão, pelo que este não deverá e não poderá ser descurado. Deste modo, o armazém tem de se encontrar devidamente organizado, arrumado e todas as peças deverão estar devidamente identificadas e contabilizadas. Se correctamente implementado, este método permitirá criar uma estrutura estável e extremamente competitiva tanto a nível de tempos de resposta como de custos. Convém também lembrar que tanto o “downtime” de uma máquina como o inventário representam custos para a empresa pelo que se torna preponderante ter a capacidade de balancear estas duas situações encontrando o melhor ponto de equilíbrio. Este ponto de equilíbrio será tanto mais fácil de atingir quanto mais adequado for o sistema ERP (enterprise resource planning) da empresa (caso disponha de um), o que permitirá eliminar muito trabalho e diminuir possíveis erros que eventualmente ocorrem nestas situações.

4.8 Sistema ERP

Finalmente, proceder-se-á à introdução da informação, recolhida e criada, no sistema ERP, neste caso SAP/R3. Na prática, recorrendo a um sistema deste tipo, as ordens

de trabalhos de manutenção preventiva serão lançadas pelo próprio sistema, evitando equívocos, atrasos e burocracias que indefectivelmente existiriam sempre num sistema manual

4.9 Monitorização e melhoramento do programa de manutenção

Como é óbvio, um programa de manutenção preventiva não funcionará sozinho pelo que o sucesso do projecto dependerá da gestão e do grau de compromisso contínuo alocado ao programa. Será necessário que, em determinadas alturas, se proceda a uma reapreciação de situações que não funcionem adequadamente, bem como de situações que simplesmente não foram contempladas na fase de planeamento. Deverão ainda ser aplicados métodos de avaliação a cada um dos equipamentos, através da criação de um histórico dos mesmos e da utilização de índices de disponibilidade, fiabilidade, taxas de avarias e tempos de reparação.

4.10 Directiva Máquinas e Equipamentos de Trabalho

É também da responsabilidade do departamento de Manutenção e completo interesse para o programa de manutenção preventiva, apesar de não ser parte integrante deste, aplicar a legislação designada por Directivas Máquinas e Equipamentos de Trabalho (DL 320/01 de 12 Dezembro e DL 82/99 de 16 de Março) que impõem que os equipamentos utilizados respeitem determinadas condições de segurança. Assim será necessário analisar a respectiva legislação e verificar todo o equipamento existente de modo a garantir que a legislação em vigor é respeitada, certificando os casos que se encontram em conformidade e rectificando as anomalias encontradas.

4.11 Cronograma

Além da decisão relativa às actividades a levar a cabo durante este projecto era também necessário estipular a sua sequência temporal (fig. 17) de modo a garantir um maior controlo dos objectivos a cumprir.

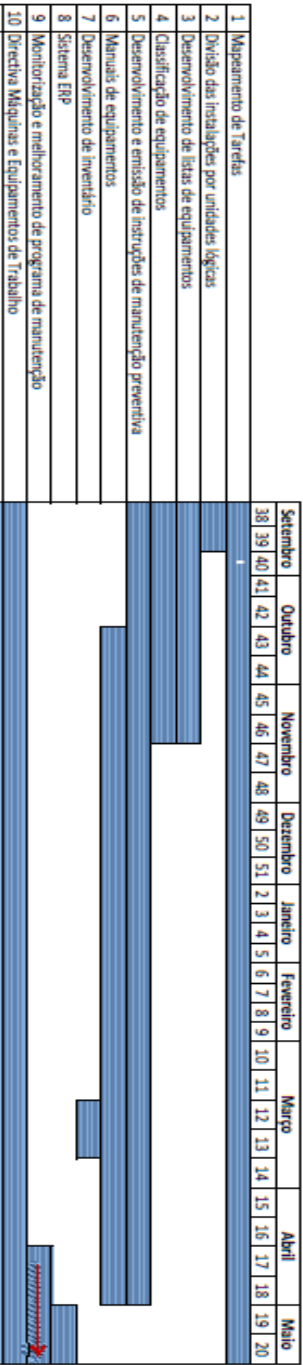


Figura 17 - Cronograma das actividades realizadas

5 Resultados

5.1 Mapeamento de tarefas

Para que se pudesse iniciar o mapeamento de tarefas foi necessário calcular o tempo disponível existente por turno (neste caso apenas 1 por dia), bem como definir prioridades de ordens de trabalho e definir horário para cada uma delas. Para se poder obter um horário minimamente fidedigno tornou-se ainda necessário saber qual o tempo disponível por cada colaborador para mapeamento por turno de trabalho. Assim:

$$\text{N}^\circ \text{ total de horas disponíveis} = [(\text{n}^\circ \text{ de horas turno}) - (\text{tempo refeições} + \text{tempo de paragens}) - \text{tempo reunião diária}]$$

$$\begin{aligned} &= [(16:15 - 07:30) - (0:30 + 0:15) - 0:10] \\ &= 07:50 \end{aligned}$$

$$\text{N}^\circ \text{ horas disponíveis para mapeamento} = \text{N}^\circ \text{ total de horas disponíveis} - \text{N}^\circ \text{ de horas para reparações/obras (média)}$$

$$\begin{aligned} &= 07:50 - 05:30 \\ &= 02:20 \end{aligned}$$

Ao calcular o tempo total disponível é possível perceber quanto tempo se tem realmente para as diversas actividades relacionadas com a manutenção preventiva. Torna-se também possível constatar quanto tempo é perdido a responder aos diversos problemas existentes, bem como estimar como organizar as diversas ordens de trabalho que serão criadas no futuro, determinando quando e como se poderão ser executadas.

Tão ou mais importante que saber quanto tempo se tem para as ordens de trabalho é saber como as distribuir e ordenar. Assim, foi necessário priorizar as ordens de trabalho por nível de importância para a empresa e para o departamento, recorrendo a critérios como:

- Resolução de questões de segurança (riscos);
- Reparações a situações que afectem as operações normais;
- Manutenção preventiva;
- Projectos.

À medida que se foram organizando as ordens de trabalho, foi também necessário estimar-se o tempo e o número de pessoas necessárias para completar cada tarefa. Adicionalmente, passaram a ser criados pequenos inventários de peças e ferramentas necessárias para cada uma das instruções de trabalho planeadas da manutenção preventiva, obtendo-se uma economia de tempo e de esforço dos colaboradores, bem como um aumento na facilidade do controlo da entrada/saída de peças do inventário. Este tipo de informação, primordial para se poder criar um mapa geral das actividades a realizar, veio a ser disposto num quadro de tarefas pendentes da manutenção preventiva (fig. 18), onde facilmente se identificavam as diferentes tarefas em curso, bem como os responsáveis pelas mesmas e o ponto de situação (em percentagem) de cada uma. Optou-se também por definir responsáveis funcionais, em situação de rotação, para responder às diferentes chamadas (reparações não esperadas e de carácter imediato). Durante estes períodos estes colaboradores passaram a receber ordens de trabalhos de manutenção preventiva que não tivessem elevado nível de urgência.

MANUTENÇÃO

Tegula Cantanhoto Portugal, S.A.
Direcção Fabril de Ovar

Tarefa	Responsável	Data	Status																
			20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Manutenção da 1ª	Victor Silva	15/06																	
Manutenção da 2ª	Victor Silva	15/06																	
Manutenção da 3ª	Victor Silva	15/06																	
Manutenção da 4ª	Victor Silva	15/06																	
Manutenção da 5ª	Victor Silva	15/06																	
Manutenção da 6ª	Victor Silva	15/06																	
Manutenção da 7ª	Victor Silva	15/06																	
Manutenção da 8ª	Victor Silva	15/06																	

MANUTENÇÃO

Figura 18 - Quadro de tarefas pendentes

5.2 Divisão das instalações por unidades lógicas

A divisão das instalações da empresa por unidades lógicas é benéfica em termos de facilidade de trabalho, bem como diminuição de burocracia e comodidade de organização (fig. 19).

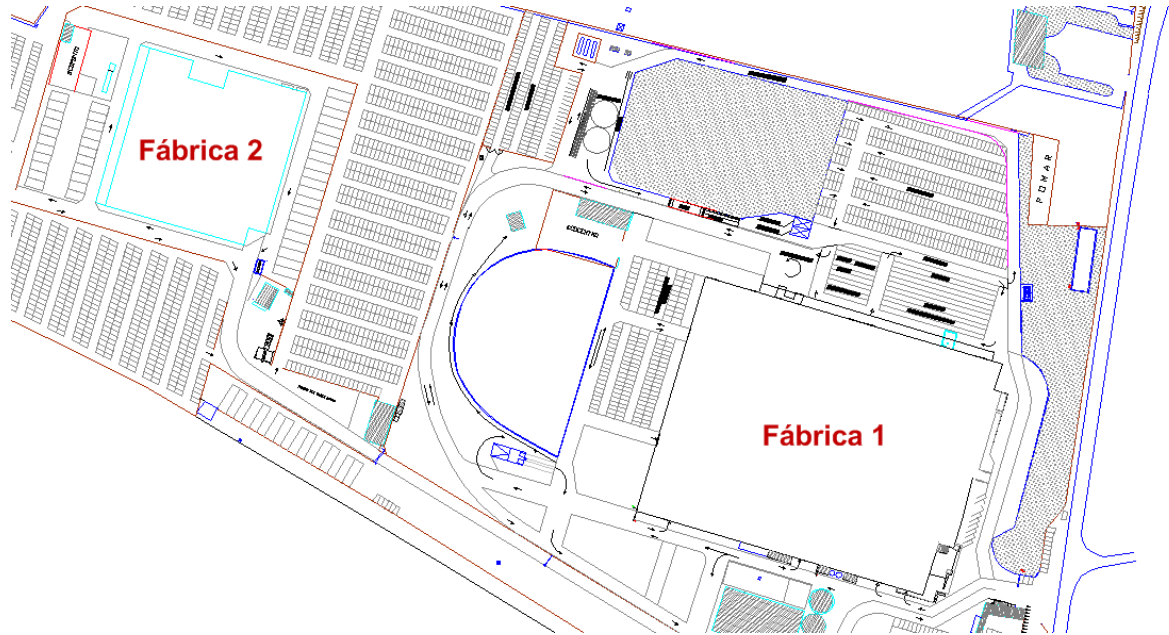


Figura 19 - Layout geral da Divisão Fabril de Ovar

Para esta divisão existia um grupo alargado de critérios que podiam ser utilizados, desde localização (separação física), centros de custo, área de produção (soldadura, pintura, etc.). Após a análise das diferentes hipóteses a decisão recaiu na divisão por áreas de produção (fig. 20), sendo consideradas.

- Soldadura;
- Pintura;
- Montagem Final;
- Gerais;
- ETAR;
- Fábrica 2

Efectuada a divisão, optou-se por iniciar o programa de manutenção preventiva na secção da soldadura, pois apesar de não ser a área gargalo (pintura) as diferenças são muito ténues e a soldadura detém a maior média de avarias diárias, o que se deve ao elevado número de equipamentos presentes nessa secção, bem como a dureza das actividades a que os equipamentos estão sujeitos.

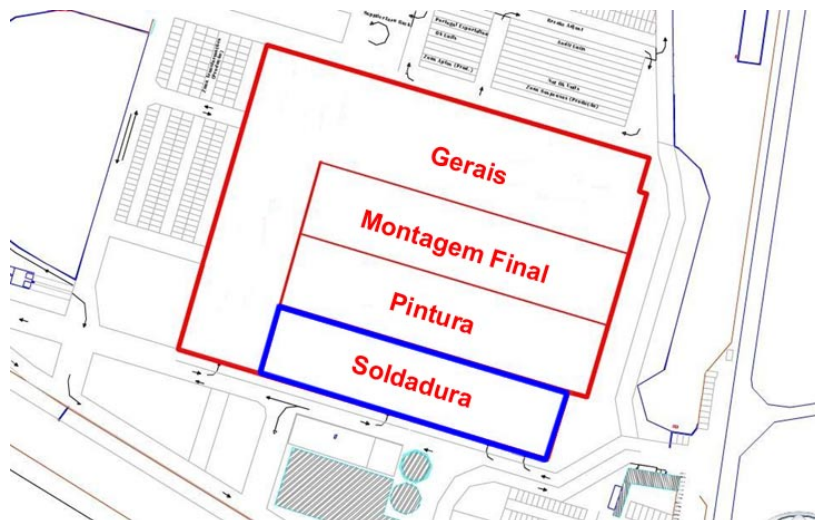


Figura 20 - Esquema da divisão das instalações da fábrica 1 por unidades lógicas

Decidiu ainda aplicar-se o plano de manutenção preventiva na totalidade a esta área (fig. 21), para que se possam observar os diferentes erros cometidos e melhorá-los, aproveitando também os conhecimentos ganhos e a experiencia adquirida para fazer depois a respectiva analogia para a restante fábrica (“Yokoten”).

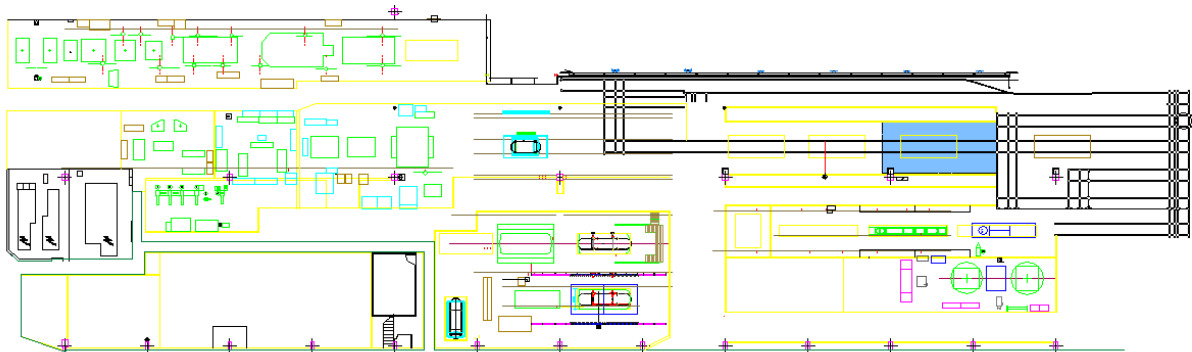


Figura 21 - Layout da secção soldadura

5.3 Desenvolvimento de listas de equipamentos

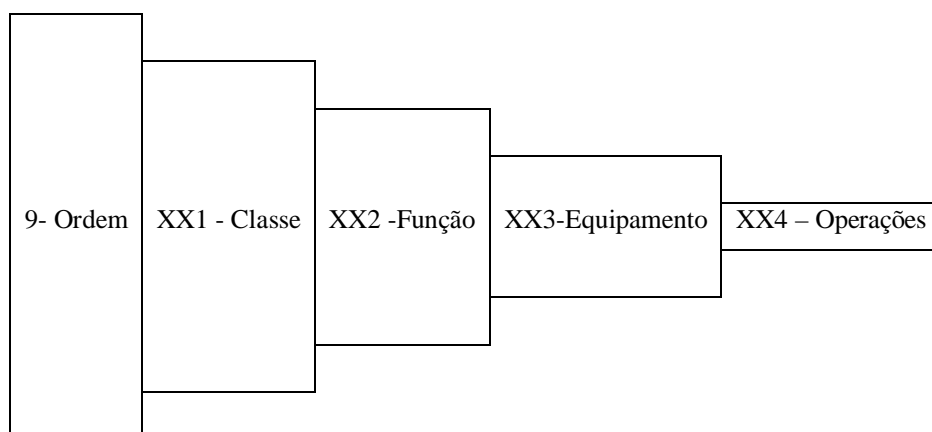
Definido o mapa final de divisão das instalações e tendo-se decidido iniciar o programa pela secção da soldadura principiou-se o desenvolvimento uma lista de equipamento que permitisse de alguma forma agrupar o equipamento existente no espaço considerado. Pretendia-se que os agrupamentos fossem o mais intuitivo possível e também que detivessem o menor grau possível de ambiguidade. Face às possibilidades existentes para critérios de divisão conclui-se que a melhor opção seria agrupar os equipamentos por características funcionais, o que permitiria no fundo que em subgrupos se pudessem lançar conjuntos de instruções de manutenção preventiva que fossem comuns aos diferentes elementos do agrupamento. Por exemplo, considere-se a existência de duas máquinas distintas, a máquina X e a máquina Y, que têm a mesma ou funções muito similares na linha de soldadura, mas que possuem marcas diferentes e por vezes também aspectos exteriores muito diferentes. Pode acontecer, e acontece com frequência que o conjunto de operações de manutenção preventiva é igual para determinada periodicidade. Assim sendo, e com o intuito de normalizar o processo, estas máquinas serão agrupadas, para que quando as ordens de manutenção forem lançadas, estas se encontrem lá referidas.

Com esta ideia em mente, foi necessário proceder a um levantamento exaustivo do equipamento existente, desenvolver um sistema de numeração para a maquinaria que permitisse atingir os objectivos planeados e finalmente organizar o equipamento na estrutura.

Adoptou-se uma identificação, com a designação de número técnico, codificada de acordo com $9X_1-XX_2-XX_3-XX_4$:

Assim sendo, o sistema de numeração usado para o equipamento consiste numa caracterização do equipamento que partindo de uma classe geral vai avançando (tabela 3), aumentando gradualmente o nível de especificidade do equipamento até à sua função.

Tabela 3 - Representação esquemática de número técnico



Desenvolve-se assim uma ideia de hierarquia entre os diferentes componentes (fig. 22), com o objectivo de se poderem registar todos os artigos existentes e com a preocupação de criar um sistema claro, organizado e simples de utilizar. Esta lista servirá de estrutura, não só para desenvolver e seguir as actividades de manutenção preventiva necessárias para os equipamentos existentes, como ainda para criar uma biblioteca de procedimentos padrão para máquinas similares, aliviando assim alguma da burocracia que possa existir nestes casos.

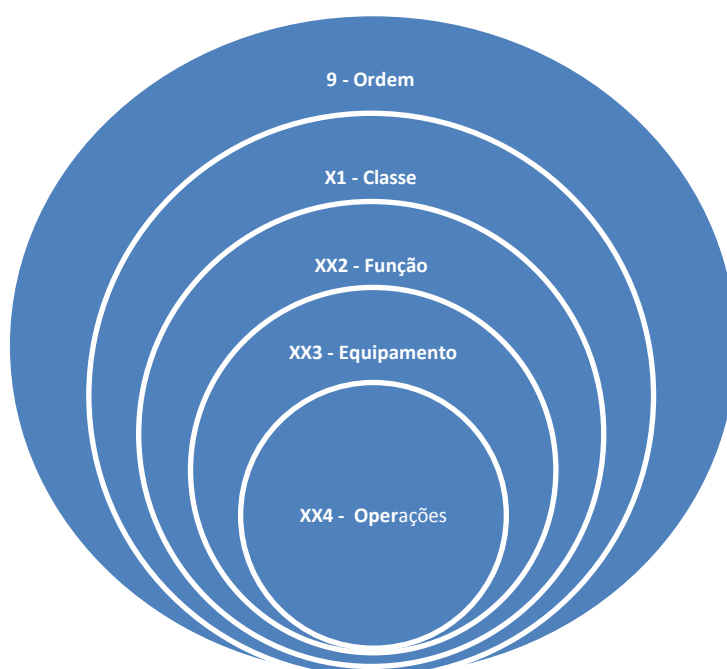


Figura 22 - Representação de número técnico

5.4 Classificação de equipamentos

Sabendo de antemão que nem todos os equipamentos necessitarão ou justificarão acções de manutenção preventiva, há que ter a capacidade e o discernimento para os classificar quanto à sua carência ou não de manutenção preventiva.

Assim os critérios principais de avaliação a ter em conta serão:

- Valor do equipamento para a produção;
- Valor económico do equipamento;
- Número de equipamentos alternativos;
- Existência de componentes em stock que garantam uma reparação rápida.

Deste modo foi utilizado para a grande maioria dos casos o método de Ipinza (tabela 4), que engloba estes critérios e permite tratar o problema de modo mais analítico.

Tabela 4 - Classificação do método de Ipinza

Nº de Pontos	Aplicação de Manutenção preventiva	Manutenção a aplicar
19 a 22	Crítica	Manutenção Preventiva
13 a 19	Importante	Manutenção Preventiva
6 a 13	Conveniente	Manutenção Correctiva
0 a 6	Opcional	Manutenção Correctiva

Assim, este método caracteriza-se por atribuir pontos a cada situação, estabelecendo depois o tipo de manutenção que o equipamento justificará mediante análise da soma dos pontos de cada característica (tabela 5).

Tabela 5 - Pontuação do método de Ipinza

1. Efeito na Produção	Pára	4 pontos
	Reduz	2 pontos
	Não pára	0 pontos
2. Valor Técnico-Económico do Equipamento	Alto	4 pontos
	Médio	2 pontos
	Baixo	1 ponto
3. Prejuízos - Consequências da Avaria		
a) À máquina em si	Sim	2 pontos
	Não	0 pontos
b) Ao processo	Sim	3 pontos
	Não	0 pontos
c) Ao pessoal	Risco	1 ponto
	Sem risco	0 pontos
4. Dependência Logística	Estrangeiro	2 pontos
	Local	0 pontos
5. Dependência de Mão-de-Obra	Terceiros	2 pontos
	Própria	0 pontos
6. Probabilidade de Avaria (Fiabilidade)	Alta	1 ponto
	Baixa	0 pontos
7. Facilidade de Reparação	Alta	1 ponto
	Baixa	0 pontos
8. Flexibilidade e Redundância	Simples	2 pontos
	<i>Bypass</i>	1 ponto
	Dupla	0 pontos

É importante referir que apesar de este método ter sido de extrema utilidade na classificação dos equipamentos, a “palavra final” foi sempre dada pelo senso comum, pela experiência e conhecimento dos colaboradores alocados ao sector da Manutenção.

5.5 Desenvolvimento e emissão de instruções de manutenção preventiva

As instruções de manutenção preventiva são o “core” do programa, isto é, são o ponto fulcral do plano de manutenção, pois todas as operações realizadas anteriormente

perdem valor caso estas não sejam as mais adequadas a cada tipo de equipamento. Assim, a criação de instruções de manutenção preventiva revela-se de carácter de extrema importância, pelo que todo o cuidado na análise de qualquer tipo de informação relevante sobre o equipamento é pouco. Será necessário prestar especial atenção a dois pontos em particular: a periodicidade de cada instrução ou ordem de trabalho e às diferentes fontes de informação a utilizar, como o conhecimento dos colaboradores do departamento e dos operadores de cada equipamento (nunca é demais referir a importância dos conhecimentos que a empresa possui através dos seus recursos humanos), os manuais de equipamentos e/ou guias de operações entretanto criados. É também necessário que neste processo exista o máximo de normalização possível nas ordens de trabalho, não só por uma questão de organização nos momentos da criação das mesmas, como no momento em que a instrução é levada a cabo por parte dos responsáveis pelas mesmas. Assim, nas ordens de trabalho deverão constar sempre:

- Todos os passos de segurança necessários;
- Passos a seguir descritos de modo específico e simples;
- Todas as leituras necessárias que se possam extrair da máquina e que possam indicar uma situação anómala;
- Todas as ferramentas e peças de substituição necessárias;
- Periodicidade com que a operação deve ser realizada.

É ainda desejável que as instruções de trabalho sejam fáceis de seguir e que sejam apresentadas no formato “checklist”, não só por simplificar o processo, como pela possibilidade de controlo que posteriormente permitirá tanto ao colaborador como à chefia. A juntar a isto, as ordens de trabalho devem ser lançadas separadamente e de acordo com a sua periodicidade, isto é, apesar de duas ordens diferentes poderem ser referentes à mesma máquina, apenas devem constar da mesma ordem de trabalho caso sejam realizadas no mesmo intervalo de tempo.

Adicionalmente, as ordens devem ainda ser acompanhadas de qualquer tipo de ajuda gráfica existente, tal como esquemas eléctricos, esquemas de configuração da máquina, etc. É importante referir que a emissão destas ordens corresponderá apenas a uma primeira versão, pois estas terão que ser testadas ao longo tempo no qual será necessário adequar a periodicidade e adequação de certas operações através do feedback de todas as

partes envolvidas, não só por possíveis erros iniciais como pelo próprio envelhecimento da máquina que eventualmente alterará as suas necessidades de manutenção.

5.6 Manuais de equipamentos

Como forma de permitir diminuir tempos de resposta devem existir cópias resumidas da informação mais relevante junto das próprias máquinas, tais como esquemas eléctricos, regras de segurança (lockout/tagout) e se possível esquemas relativos aos controlos do equipamento.

No caso equipamento mais antigo no qual os manuais já não se adequavam ou não existiam, criaram-se ainda guias de operações gerais através de dados existentes sobre equipamentos similares, que referem os problemas mais comuns, os potenciais sintomas e causas, bem como modos de resolução (métodos, peças e regras e procedimentos de segurança). Estes guias foram redigidos aproveitando mais uma vez não só outros manuais existentes, como a experiência dos colaboradores, operadores e alguma informação adicional cedida pelo fornecedor.

Como medida de gestão, os manuais e/ou guias de operações originais foram organizados por secção, marca, número de equipamento e por cores para rápida identificação. Adicionalmente criou-se a regra de que os manuais nunca deverão sair do local de armazenamento que foi previamente definido, sendo sim ser criadas cópias para o uso geral, de modo a garantir a devida protecção de informação.

5.7 Desenvolvimento de inventário

A linha que separa um bom inventário de um mau é muito ténue pelo que é necessário decidir quais os critérios mais importantes a ter em consideração no momento de elaboração de inventário. Neste caso foram considerados essenciais factores como: custos, requisitos de funcionamento e acessibilidades das peças, não só porque se coadunam com as necessidades do tipo de trabalho levado a cabo por este sector, mas

também porque estes factores fazem parte dos objectivos inicialmente traçados para este projecto (diminuição de custos, agilização de processos, diminuição de burocracia, etc.).

Foi necessário planear locais para armazenar peças, como as guardar, que peças remover/adicionar e como manter o inventário, pois infelizmente é sempre necessária a existência de algumas peças sobressalentes para reparar certos equipamentos que simplesmente não podem parar, salvo se existir um fornecedor que num curto espaço de tempo possa responder adequadamente, situação que raramente ocorre, ou então caso exista um equipamento que possa rapidamente substituir o danificado.

Deste modo o armazém do sector foi completamente reorganizado (aplicação da ferramenta 5S), tendo sido agrupados todos itens do mesmo género e devidamente identificados recorrendo a etiquetas de cores diferentes para cada um dos grupos, permitindo assim a sua rápida identificação (fig. 23). Além disso foram criados locais específicos para as fichas de stock de junto a cada material, que contêm a informação referente a quantidades retiradas e datas. Finalmente foram ainda definidos níveis mínimos de stock para cada tipo de peça, a partir do qual se deve proceder à encomenda. Estes foram os passos iniciais e fundamentais para que no futuro este sistema possa ser gerido por meio de um sistema ERP (SAP/R3).



Figura 23 - Aplicação dos 5S

5.8 Sistema ERP

Formalmente, a introdução no sistema ERP consiste no último passo do planeamento do programa de manutenção preventiva. Neste momento as ordens foram introduzidas no sistema respeitando toda a linha de acção levada a cabo anteriormente (fig. 24). A informação de cada equipamento é inserida no sistema e contém dados como designação (tipo equipamento e marca), número de inventário, número técnico, instruções de manutenção, periodicidade, e secção.

Equipamento	Denominação do objeto técnico	Válida até	CTPI
1399	JIG LH SIDE MEMBER RR HIACE	31.12.9999	2000
1400	JIG FRONT FLOOR HIACE	31.12.9999	2000
1401	QUADRO PORTA-FUSIVEIS P/ CALHA (HANGAR	31.12.9999	2000
1402	QUADRO PORTA-FUSIVEIS P/ CALHA	31.12.9999	2000
1403	QUADRO PORTA-FUSIVEIS P/ CALHA	31.12.9999	2000
1404	QUADRO PORTA-FUSIVEIS P/ CALHA	31.12.9999	2000
1405	QUADRO PORTA-FUSIVEIS P/ CALHA	31.12.9999	2000
1406	QUADRO PORTA-FUSIVEIS P/ CALHA	31.12.9999	2000
1407	QUADRO PORTA-FUSIVEIS P/ CALHA	31.12.9999	2000
1408	QUADRO PORTA-FUSIVEIS P/ CALHA	31.12.9999	2000
1409	QUADRO PORTA-FUSIVEIS P/ CALHA	31.12.9999	2000
1410	QUADRO PORTA-FUSIVEIS P/ CALHA	31.12.9999	2000
1411	QUADRO COMANDO FORÇA P/ TRANSF	31.12.9999	2000
1412	QUADRO COMANDO FORÇA P/ TRANSF	31.12.9999	2000
1413	QUADRO COMANDO/POTENCIA TRANSF	31.12.9999	2000
1414	QUADRO COMANDO POTENCIA TRANSF	31.12.9999	2000
1415	QUADRO COMANDO POTENCIA TRANSF	31.12.9999	2000
1416	QUADRO COMANDO POTENCIA TRANSF	31.12.9999	2000
1417	QUADRO COMANDO POTENCIA TRANSF	31.12.9999	2000
1418	QUADRO COMANDO POTENCIA TRANSF	31.12.9999	2000

Figura 24 - Equipamento em manutenção preventiva em SAP

A partir daqui as ordens virão agrupadas por número técnico e secção, facilitando assim o trabalho dos colaboradores, uma vez que terão não só acesso ao tipo de procedimentos de cada equipamento, como poderão ainda aceder a qualquer informação relativa à máquina que venham a necessitar. Além disso, o sistema ERP imprimirá também etiquetas (fig. 25) que deverão ser coladas em cada equipamento logo após a conclusão da sua manutenção preventiva.

Toyota Caetano Portugal, S.A. Fábrica de Ovar		MANUTENÇÃO PREVENTIVA	
MANUTENÇÃO		SECÇÃO	CÓD. MÁQUINA
EXECUÇÃO	RÚBRICA	PRÓX. INSPEÇÃO	

Figura 25 – Etiqueta de manutenção preventiva

Pretende-se desta forma obter uma organização simples mas devidamente estruturada que ofereça garantias de um trabalho de qualidade e que permita elevar os níveis de fiabilidade e disponibilidade do equipamento. São necessários certos cuidados, pois o ERP não é só por si sinónimo de sucesso, pelo que estará sempre limitado à informação e metodologias utilizadas pelos responsáveis. É também importante ter em consideração que é necessária formação adequada para poder tirar partido da totalidade das potencialidades deste tipo de sistema.

5.9 Monitorização e melhoramento do programa de manutenção

O plano de manutenção preventiva não funcionará sem falhas ou possíveis reparos logo a seguir á sua implementação. Aliás este projecto terá que ser alvo de constantes melhorias a serem efectuadas ao longo do tempo, não só pelo envelhecimento dos equipamentos, como pela compra de equipamentos novos, ou ainda aquisição de ferramentas que permitam outro tipo de manutenção ao equipamento existente. Assim, para que este programa possa ser bem sucedido será necessário que permaneça ágil e rápido, o que implica que exista uma contínua monitorização de equipamentos, instruções, periodicidades, etc.

Na prática esta verificação contínua não será mais que seguir os passos dados pelo ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), isto é, planear, actuar, verificar e actuar correctivamente (fig. 26).

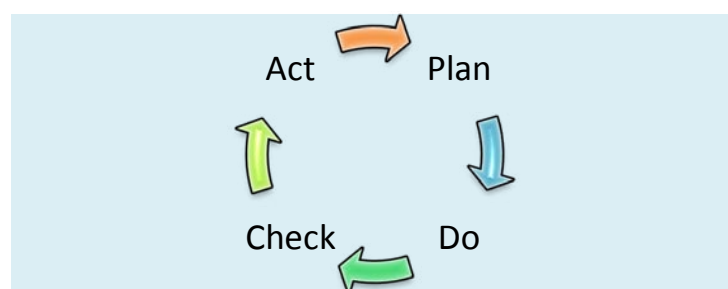


Figura 26 - Ciclo PDCA

Após o plano inicial que foi elaborado passou-se á implementação do mesmo que começou no levantamento de equipamento e findou na inserção de dados no sistema ERP. Os últimos dois passos serão os que se vão estender no tempo, uma vez que controlo

constante e devidas acções correctivas deverão existir enquanto este plano estiver em vigor.

É extremamente difícil manter um programa deste género actualizado e ágil pelo que será necessário que, em determinadas alturas, se proceda a uma reavaliação de situações que não funcionem como planeado, bem como casos que não foram considerados no plano inicial. Para que esta avaliação constante seja possível foram criadas folhas de histórico para cada um dos equipamentos, onde serão indicados maiores problemas que afectem o equipamento, bem como tempos de reparação prolongados, peças extras necessárias, períodos de downtime fora do normal, e ainda informações referentes a ordens de manutenção preventiva a que tenham sido submetidos.

5.10 Directiva Máquinas e Equipamentos de Trabalho

Para que se pudesse garantir que o parque industrial da empresa se encontrava condições de respeitar a legislação vigente foi necessário recorrer a auditorias externas, neste caso pelo ISQ (Instituto de Soldadura e Qualidade), tendo sido redigidos relatórios das não conformidades relativas a segurança encontradas nalgumas das máquinas verificadas. Estes relatórios serviram de base, para não só corrigir essas mesmas falhas, como para extrapolar medidas que permitissem efectuar auditorias internas às restantes secções e respectivas correcções.

Além disso e mediante as medidas que se pretendiam implementar, não fazia sentido que não se criassem condicionantes relativas a futuras aquisições de equipamento. Assim, foram criadas fichas de aceitação de equipamento, que funcionam no fundo como checklists com o intuito de garantir que o equipamento adquirido venha a cumprir sempre com as normas de legislação em vigor, bem como com os parâmetros definidos pela empresa.

Adicionalmente foram ainda definidas normas a serem cumpridas pelo departamento de compras aquando da prospecção de mercado relativa a equipamentos necessários. Estas mesmas normas baseiam-se nos desígnios exigidos por lei relativamente aos equipamentos existentes que se pressupõe que apresentem:

- Marcação máquinas
 - Firma/endereço fabricante
 - Designação da máquina
 - Marcação CE
 - Designação série/tipo
 - N° de série (se existir)
 - Ano de fabrico

- Manual de instruções (em português)
 - Firma/endereço fabricante
 - Designação da máquina
 - Declaração CE de Conformidade
 - Descrição geral da máquina
 - Desenhos, esquemas e diagramas necessários
 - Descrição dos postos de trabalho a serem ocupados
 - Descrição de utilização da máquina
 - Instruções referentes a diminuição de ruído e vibração
 - Instruções referentes a riscos residuais e EPI's (equipamentos de protecção individual)
 - Descrição das operações referentes a uma regulação e manutenção em condições de segurança

Será ainda necessária nova auditoria externa, que deverá desta vez ser feita à totalidade dos equipamentos de modo a que a empresa se encontre certificada que respeita as directivas Máquinas e Equipamentos de Trabalho.

6 Conclusão

6.1 Balanço do trabalho realizado

Apesar de hoje em dia já existir muita informação relativamente a manutenção preventiva e seus benefícios, infelizmente em Portugal as empresas parecem ainda não ter acordado para a nova realidade existente. Existe ainda um longo percurso a percorrer para que se possam mudar mentalidades e fazer com que as pessoas percebam que a manutenção deixou de ser uma formalidade e passou a constituir um importante factor de competitividade. No passado, a manutenção só existia quando ocorriam avarias em equipamento necessário para a produção, sendo simplesmente vista como uma origem de custos, logo indesejável. Acontece que agora as empresas enfrentam custos que não são apenas tangíveis como acontecia anteriormente, quando se produzia para criar stock. Actualmente, além dos custos de reparação de equipamento, existem ainda custos inerentes de downtime, de retrabalho, de falta de qualidade, baixos níveis de disponibilidade de equipamento, perdas de clientes por insatisfação, bem como de imagem da empresa, etc.

O principal objectivo deste projecto consistia na criação e implementação de um sistema de manutenção preventiva, partindo contudo de uma base já existente, e analisando os seus defeitos corrigi-los, bem como levando o sistema já existente mais além, tendo o cuidado de manter este programa leve e ágil de modo a que não se limitasse ao papel, mas que pudesse de facto vir a ser colocado em prática.

A manutenção pode ser uma ferramenta extremamente válida e útil para se poderem colmatar estes problemas, desde que a esta seja dada a devida importância e consequentemente o devido investimento, para que possa começar a evitar as avarias e não simplesmente a remediá-las. Torna-se forçoso que aos departamentos de manutenção das diferentes empresas sejam dadas ferramentas para que estes deixem de constantemente responder a crises e possam começar por analisar cada um dos equipamentos de modo a estabelecer rotinas que permitam não só precaver avarias como mesmo aumentar tanto os níveis de funcionamento como de vida de cada equipamento.

Qualquer empresa que pretenda melhorar o desempenho do seu sistema produtivo deve levar a ideia de manutenção muito a sério, não só pelo simples facto de poder poupar

muito dinheiro na própria manutenção do equipamento, como pela possibilidade de melhoria a nível de qualidade e estabilidade que esta permite.

Este trabalho veio a revelar-se de um nível de exigência superior ao inicialmente esperado, devido ao elevado número de equipamentos diferentes encontrados nos levantamentos efectuados. Além disso, as operações que cada equipamento por vezes exigia eram extremamente complexas e exaustivas. Este projecto envolveu ainda algumas dificuldades na recolha de informações, em parte devido ao facto de só se poder identificar algum do equipamento quando este estava parado, o que em muitos casos só era possível no fim-de-semana, e também devido à pouca disponibilidade de dados no sistema da empresa, que por consequência exigiu um trabalho de campo mais minucioso, logo também mais difícil.

Verifica-se no panorama nacional a dificuldade em inovar e alterar processos e mentalidades já existentes e sedimentadas, pelo que a aquisição e implementação de metodologias diferentes de trabalho têm tendência para encontrar elevados índices de resistência. Infelizmente este tipo de projecto não permite que se simulem os resultados finais, pelo que apesar de devidamente apoiado em literatura e estudos já existentes que apontam na direcção que veio a ser tomada, este tipo de trabalho exige uma análise contínua e um enorme envolvimento de todas as partes, de modo a garantir a cobertura de todos os pontos considerados essenciais num programa de manutenção preventiva.

Este é mais um ponto de dificuldade em relação à mudança de mentalidades pois à partida torna mais difícil provar analiticamente que o programa de manutenção preventiva trará proveitos não só para a empresa a nível financeiro, de tempo, disponibilidade, como para as próprias equipas de manutenção porque lhes permitirá a médio longo prazo diminuir a carga de trabalho relativo à manutenção correctiva bem como o stress que daí advém.

O sistema produtivo da maioria das empresas mantém-se em constante mudança, seja pela mudança de produtos a realizar pela empresa, seja pela mudança de equipamento que ocorre periodicamente. Assim, torna-se fundamental que exista uma estreita relação entre as equipas de produção e as equipas de manutenção de modo a minorar possíveis dificuldades que possam vir a surgir devido aos novos equipamentos. É ainda necessário que se mantenha sempre ciente o facto de que nenhuma das equipas trabalha para outra,

mas sim que ambas trabalham para o mesmo intuito, pelo que o espírito de cooperação terá sempre de ser mantido sob pena de atrasos nos mais diversos processos.

O programa de manutenção que foi implementado não representou investimentos financeiros assinaláveis, pois toda a “matéria-prima” já se encontrava disponível, incluindo o sistema ERP (SAP/R3), que seria de facto sinónimo de um avultado investimento. O projecto deverá contudo ser extremamente benéfico para a empresa, porque se for devidamente conduzido deverá vir a diminuir os custos referentes á manutenção correctiva, aumentando a disponibilidade do equipamento, a taxa de fiabilidade, bem como o tempo de vida maquinaria e o aumento de performance da mesma, o que consequentemente representará também uma melhoria a nível de qualidade de produto final.

Tanto a nível pessoal como profissional este projecto veio a revelar-se uma experiência muito enriquecedora, não só pelo contacto com o mundo industrial, bem como pelo conhecimento que foi adquirido não só a nível de processo produtivo, como de gestão de equipas, delineamento e priorização de tarefas.

6.2 Perspectivas de trabalho futuro

Apesar de não ter sido possível comprovar o real impacto final que o programa de manutenção preventiva representará para a empresa, pois os oito meses disponíveis para o projecto correspondem a um espaço temporal diminuto, que simplesmente não chegam para tirar conclusões válidas sobre o real alcance do projecto, o que só deverá ser possível ao fim de 1 a 2 anos.

Pretende-se que num futuro próximo venham a ser criadas fichas de históricos (fig. 27) sobre os equipamentos a nível individual de modo a ser possível realizar uma análise detalhada e eficaz de cada equipamento, criando indicadores de desempenho tais como índices de disponibilidade, fiabilidade e taxas de avarias que permitam verificar se são necessárias alterações de monta nas ordens de trabalho, sejam estas a nível de substituição de peças, periodicidades, ou operações de manutenção.

Toyota Caetano Portugal, S.A.		Fábrica: 1	Secção: 515	Última Actualização 07/04/06	Equipamento nº.: 02948
Manutenção		Descrição: Elevador Werther Stratos S36			
Marca:	Werther				
Modelo:	Stratos S36				
Tipo:					
Nº Série:	552				
Documentação Técnica:	Em inglês. Manual de instruções, manutenção e esquemas de potência.		Observações:		
Características Técnicas:	Carga máxima: 3600 kg Potência do motor: 3kW		Pendentes: Manuais em português, indicações nos comandos.		
Outros Dados:	Fornecedor:	Lusilectra	Data Aquisição:	Manutenção Preventiva Nº Técnico: 9200-00-00	
	Ano Fabrico:		Data Montagem:	Inspeção ISQ	
	Nº Fabrico:	102541091	Ligado a:	Data: 04/04/06 Relatório: 06/06/06 1261576/036	
Notas:					

Figura 27 - Exemplo de ficha de histórico de equipamento

Adicionalmente, através destas ferramentas será ainda possível analisar qual o ponto do ciclo de vida em que cada equipamento se encontra, uma vez que não é o tempo de existência que mais influenciou neste aspecto, mas sim o tempo de funcionamento, permitindo ainda decidir qual o momento em que determinado equipamento deve ser substituído, tornando-se assim também possível controlar mais eficazmente os custos que cada máquina implica.

Finalmente com a utilização de ferramentas como diagramas de Ishikawa, gráficos de Pareto, histogramas, cartas de controlo e gráficos de dispersão será ainda possível agregar muita e variada informação, tal como principais causas de avaria, sintomas mais frequentes, principais consequências das avarias mais típicas, bem como o tipo de resposta mais adequado a cada caso, que devidamente tratada poderá impulsionar o programa de manutenção a níveis extremamente elevados.

Referências Bibliográficas

- [1] Wireman, “World Class Maintenance Management”, Industrial Press, 1990.
- [2] Knezevic, J., “Industry driven post graduate maintenance education: MIRCE approach”, *Journal of Quality in Maintenance Engng.* (1997).
- [3] Komonen, Kari, “A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking”, *Int. J. Production Economics* 79, 2002, 15-31.
- [4] Dunn, S., “Reinventing the maintenance process: towards zero downtime”, *Queensland Maintenance Conference Proceedings*, Queensland, Australia, 1998.
- [5] M., Fernandes, “Revista Máquinas e Metais”.
- [6] Madu, C. N., “Competing through maintenance strategies”, *The International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 17, 2000.
- [7] European Standard EN 13306 – Maintenance Terminology, April 2001, CEN, Brussels.
- [8] Instituto para a Qualidade na Formação, IP, “Manutenção, Tendências, Qualificações e Formação”, 2005.
- [9] Tavares, L. A., “Administração Moderna da Manutenção”, Novo Pólo Publicações e Assessoria Ltda. Rio de Janeiro, 1999.
- [10] Pinto, Vítor M., “Gestão da manutenção”, IAPMEI, 1994.
- [11] Sheu, C.; Krajewski L.J., “A decision model for corrective maintenance management”, *International Journal of Production Research* 1994, 32(6):1365–82.
- [12] Mirshawka, Victor; Olmedo, M.L., “Manutenção - Combate aos custos da não eficácia - a vez do Brasil”, São Paulo, Makron Books.
- [13] Helmann, K. S., “Ponderação sobre os critérios considerados para suportar a tomada de decisão quanto ao momento de se efectuar a manutenção preventiva em processos industriais”, *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 26., 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ABEPRO, 2006 1 CD-ROM.
- [14] Brito, Mário, PRONACI – Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias”, *AEP – Associação Empresarial de Portugal*”, 2003.
- [15] Kardec, A., Nascif, J. “Manutenção Função Estratégica”, Editora Qualitymark. 1ª Edição, Rio de Janeiro, 2005.

- [16] Moore, W. J., Starr, “An intelligent maintenance system for continuous cost-based prioritization of maintenance activities”, *Computers in Industry* 57 (2006) 595–606.
- [17] Waeyenbergh, G., Pintelon, L., “A framework for maintenance concept development”, *J Prod Econ* 2002 77(3).
- [18] Cabral, J.P.S., “Organização e gestão da manutenção, dos conceitos à pratica”, LIDEL, 2006.
- [19] Monchy, François, “A função manutenção – formação para a gestão de manutenção industrial”, São Paulo, Durban Ltda, 1989.
- [20] Xenos, Harilaus G. “Gerenciando a Manutenção Produtiva”, Belo Horizonte: editora de desenvolvimento gerência, 1998.
- [21] Takahashi, Yoshikazu; Osada, Takashi; “Manutenção Produtiva Total”, São Paulo, IMAN, 1993.
- [22] Nakajima, S. TPM: “Introduction to TPM – Total Productive Maintenance”, Productivity Press, Cambridge, MA, 1988.
- [23] Venkatesh, J., Na, “Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)”, the plant maintenance resource center, 2003.
- [24] Lyonnet, P., “Maintenance Planning – Methods and Mathematics”, Chapman & Hall, London, 1991.